

Konsta Kuvaja

PROPULSIOLAITTEIDEN KOMPONENTTIEN SUOJA-  
AINEKÄSITTELYN KEHITTÄMINEN

Tuotantotalouden koulutusohjelma  
2015

## Propulsiolaitteiden komponenttien suoja-ainekäsittelyn kehittäminen

Kuvaja, Konsta  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Toukokuu 2014  
Ohjaaja: Heikkinen, Harri  
Sivumäärä: 52  
Liitteitä: 1

Asiasanat: korroosio, korroosionesto, korroosiosuojan poistaminen

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää propulsiolaitteita valmistavalle yritykselle tiettyjen komponenttien kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi riittävän korroosiosuojan antava aine tai muu menetelmä, joka olisi myös helposti poistettavissa ennen komponenttien tuotantolinjalle siirtoa. Tavoitteena oli tuottaa standardi, jonka soveltamista voitaisiin vaatia kaikilta alihankkijoilta.

Opinnäytetyö aloitettiin kesällä 2014 haastattelemalla ennalta laadittujen kysymysten pohjalta toimeksiantajan työntekijöitä, jotka käsittelivät komponentteja, joiden toimintaan toivottiin parannusta. Vastaukset antoivat selkeän kuvan tarvittavasta muutoksesta. Opinnäytetyössä kuvataan paitsi toimeksiantajaa, myös teoreettisella tasolla korroosiota, sen syntymekanismia, käytettäviä suojausmenetelmiä sekä tilapäisen korroosiosuojan poistamiseen liittyviä asioita.

Korroosiota käsitellään kirjallisuudessa laajalti – ratkaisuja tilapäiseen suojaukseen ei niinkään; toki samat menetelmät on hyödynnettävissä kuin pitempiaikaisessakin suojauksessa. Tilapäisessä suojauksessa keskiöön nousee myös helppo poistettavuus.

Opinnäytetyössä tuodaan esille kolme ratkaisuvaihtoehtoa, joista toimeksiantajan toivotaan löytävän itselleen sopivan, kustannustehokkaan vaihtoehdon. Työn tarkoituksena ei kuitenkaan ole ohjata toimeksiantajan hankintapolitiikkaa, ainoastaan tuoda esille vaihtoehtoisia ratkaisuja. Kaupallisia sovellutuksia myös tilapäiseen korroosionestoon tuodaan jatkuvasti markkinoille ja monien helppokäyttöisten ratkaisujen hintataso alenee ja tätä kautta niiden käytettävyys lisääntyy.

The development of protective material handling for the components of propulsion units

Kuvaja, Konsta

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in industrial management

May 2014

Supervisor: Heikkinen, Harri

Number of pages: 52

Appendixes: 1

Indexing terms: corrosion, corrosion prevention, removal of corrosion protection

---

The purpose of this study was to find the substance or any other method to give an adequate corrosion protection during transport and storage to the certain components which will be used in the company manufacturing propulsion units. The protective material should also be easily removed before the components will be transferred to production line. The aim was to produce a standard, which application could be required from all subcontractors.

The thesis was started in the summer of 2014 interviews with pre-established questions on the basis of client's employees dealing with the components, which need the operations improvement. The answers gave a clear picture of needed improvement. The thesis describes not only the consigner, but also a theoretical level corrosion, the formation mechanism and the protection methods used and the issues dealing the removal of temporary corrosion protection.

The corrosion was widely discussed in the literature – solutions for the temporary protection, not so much; of course, the same methods can be utilized as in the longer-term protection. The removability is also in the centre of issues when planning the temporary protection.

The thesis identifies three possible solutions, of which the principal is hoped to find a suitable, cost-effective option. The purpose of the job is not however to control the client's policy of purchases, just bring the alternative solutions. Commercial applications including the temporary corrosion prevention is continuously supplied to the market and the price level of many user-friendly solutions will be reduces and thus their availability is increasing.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tavoitteet ja rajaukset.....	6
1.2	Työn rakenne .....	7
1.3	Käytetyt menetelmät .....	7
2	TUTKIMUKSEN TOIMEKSIANTAJA .....	9
2.1	Rolls Royce Oy Ab .....	9
2.1.1	Toimeksiantajan tuotteet ja toiminta .....	10
2.1.2	Historiasta.....	14
3	KOMPONENTTIEN SUOJAAMINEN .....	16
3.1	Komponenttien korroosio .....	16
3.2	Korroosion estäminen .....	18
3.3	Kuljetuksen ja varastoinnin aikainen korroosiosuoja .....	19
3.4	Voitelurasvojen rakenne ja ominaisuudet.....	20
3.4.1	Emulgoituvat ruosteenestoaineet.....	21
3.4.2	Ruosteenestoöljyt .....	21
3.4.3	Ruosteenestonestet .....	21
3.4.4	Ruosteenestorasvat .....	23
3.4.5	Lämpimänä levitettävät ruosteenestoaineet .....	23
3.5	Korroosioaineiden levitysmenetelmät .....	24
3.6	Suojauksen poistomenetelmät.....	25
4	SUOJAAMISEN HAASTEET ROLLS ROYCE OY AB:SSA.....	26
4.1	Tuotteiden hankinta ja toimitusketjun hallinta .....	26
4.2	Haasteelliset komponentit.....	27
4.3	Käytetyt suoja-aineet .....	30
4.3.1	Mayak'n rasva.....	30
4.3.2	Elmaus – Rust Veto 211D.....	31
4.3.3	MWH ja OMZ – Rust Veto 232.....	31
4.4	Puhdistus pesukoneella .....	32
4.5	Pesukonepesun jälkeinen puhdistus.....	34
4.5.1	Meta R 35	
4.5.2	Telinol 35	
4.5.3	Nafta 36	
4.5.4	Rasvanpoistaja.....	36
4.6	Keskeisimmät haasteet.....	37
4.6.1	Ajalliset haasteet .....	37
4.6.2	Taloudelliset haasteet .....	37

5	SUOJAUSMENETTELYN MUUTTAMINEN .....	38
5.1.1	Hyväksi havaittu suoja-aine .....	38
5.1.2	Käytetty pakkausmateriaali .....	39
5.1.3	Nestemäinen eristäjä .....	44
5.1.4	Järeämpi pesuaine .....	45
6	PÄÄTELMÄT.....	46
7	YHTEENVETO .....	47
	LÄHTEET.....	50
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Teollisuusyritysten keskeisimpiä tavoitteita ovat kustannustehokkaat ja vastuulliset ratkaisut toiminnan kaikilla osa-alueilla. Tähän liittyy jatkuva uusien energia- ja materiaalitehokkaiden ratkaisujen löytäminen sekä kestävän kehityksen edistäminen niin teknologiassa kuin palveluissakin. Yleisenä tavoitteena on lisätä myös toimintojen turvallisuutta ja luotettavuutta. Paras tapa parantaa tehokkuutta on prosessien optimointi.

Rolls-Royce Oy Ab kuuluu kansainvälisen Rolls Royce-konsernin meriteollisuusdivisioonaan. Rauman tehtaalla valmistetaan Azimuth Thrusters nimeä kantavia potkurilaitteita, joihin tuodaan komponentteja eri puolilta maailmaa. Tuotantoprosessien kokonaisvaltainen tehokkuustavoite edellyttää myös komponenttien käsittelyltä kustannustehokkuutta. Logistiikan on oltava kunnossa, samoin komponenttien esikäsittelyn ennen tuotantoon siirtoa. Toimintatapojen pitää olla yhtenäisiä; näin varmistetaan turvalliset ja luotettavat menettelytavat ja varmistutaan katkeamattomasta materiaali-  
virrasta.

### 1.1 Työn tavoitteet ja rajaukset

Rauman tehdas valmistaa itse korkeita laatuvaatimuksia edellyttävät potkurilaitteiden komponentit, muut osat tulevat ulkopuolisilta toimittajilta. Itse tehtäviä osia ovat mm. ylä- ja alavaihteet sekä akselit. Myös suuret ja vaativat komponentit, usein räätälöidyt, teetetään alihankintana Suomessa tai Euroopassa. Helposti kuljetettavat komponentit tulevat eri puolelta maailmaa, mm. Kiinasta ja Bulgariasta. Komponentit suojakäsitellään ennen kuljetusta Raumalle ja joidenkin osien suoja-aine on erittäin hankalasti poistettavissa ennen tuotantolinjalle siirtoa. Tämä merkitsee lisäkustannuksia ja myös ajallista viivettä tuotantolinjalla. Opinnäytetyön tarkoituksena on löytää optimaalinen suoja-aine ja suojaustapa riittävän suojauksen varmistamiseksi ja

toisaalta yksinkertaisen ja tehokkaan poistokäsittelyn aikaansaamiseksi. Tavoitteena on pyrkiä luomaan standardi suojausmenettelylle sekä yhtenäiset ohjeet suojauskäytännölle.

Tarkasteluun valitaan eniten ongelmia aiheuttavien komponenttien suojaukset, oli kyseessä työtä tai aikaa vievät osat. Tarkastelu rajataan käsittämään kuitenkin vain muutamat toimittajat, ei koko alihankintaverkostoa.

## 1.2 Työn rakenne

Opinnäytetyön alussa kuvataan lyhyesti koko Rolls Royce-konsernia ja tarkemmin Rolls Royce Oy Ab:n Rauman yksikön toimintaa ja historiaa. Kolmannessa luvussa kuvataan komponenttien suojaamistarvetta, suoja-aineita, suojausmenetelmiä ja suojauksen poistamista teoreettisesti. Lukuun on sisällytetty ajatuksia alaa käsittelevästä kirjallisuudesta sekä suoja-aineiden tuote- ja käyttöturvallisuustiedoista. Neljäs luku on opinnäytetyön keskeisin osa, jossa käsitellään Rolls Royce Oy Ab:n potkurikomponenttien suojaamista ja puhdistusmenetelmiä haasteineen. Tämä osio perustuu henkilökunnan haastatteluihin. Viidennessä luvussa tuodaan esiin ehdotuksia vaihtoehtoisesta suojaustavasta ja menettelytapaohjeesta.

## 1.3 Käytetyt menetelmät

Opinnäytetyön pohjana on kyselykaavake (kysymykset liitteenä), johon sekä työntekijät että työnjohto on vastannut. Näin kartoitetaan nykytila ja toisaalta kysymysten kautta hahmotellaan myös työhön osallistuvien henkilöiden näkemystä optimaalisesta suoja-aineesta ja –menettelystä. Henkilökohtaisissa haastatteluissa on käyty avointa keskustelua, paitsi etukäteen laadittujen kysymysten pohjalta, myös esiin tulleiden asioiden puitteissa.

Työssä on mukana myös kirjallisuusselvitystä, jota on kerätty pääosin alan kirjallisuudesta, ainevalmistajien datalehdistä ja aihetta sivuavista opinnäytetöistä. Viidennessä luvussa pohdiskellaan tavoitetilaa – suojauksen riittävyyttä ja poiston tehokkuutta. Tavoitteena on löytää optimaalinen ratkaisu, jota voitaisiin hyödyntää useiden

eri toimittajien ja erilaisten komponenttien käsittelyssä, tietynlainen kustannustehokas standardi.



## 2 TUTKIMUKSEN TOIMEKSIANTAJA

### 2.1 Rolls Royce Oy Ab

Rolls Royce Oy Ab kuuluu Rolls Royce-konserniin, jonka juuret ovat Britanniassa. Nykyisin konserni on globaali yhtiö, jolla on toimintaa ympäri maailman. Toiminta-ajatuksena onkin tarjota voimaa maalla, merellä ja ilmassa. Rolls Roycella on viisi toimialaa, siviili-ilmailu (Civil Aerospace), sotilasilmailu (Defence Aerospace), meriteollisuus (Marine), energiantuotanto (Energy) ja sähkövoimajärjestelmät (Power Systems). Konsernin liikevaihto vuonna 2013 oli yli 20 miljardia euroa ja henkilöstön määrä yli 55 000. Konsernin toimintaa ohjaa ”neljän ceetä” – customer, concentration, cost and cash: asiakaslupausten täyttäminen, olennaiseen keskittyminen sekä taloudellisen suorituskyvyn parantaminen. (Rolls Royce Holdings plc annual report 2013, 6-7.)

Liikevaihdolla mitattuna suurin divisioona on siviili-ilmailu, jonka osuus konsernin liikevaihdosta on noin 42 prosenttia. Sotilasilmailu on toiseksi suurin, sen osuus on noin 17 prosenttia. Energiantuotanto on toimialoista pienin (noin 7 %), mutta sitä pidetään yhtenä tulevaisuuden tukijalkana. Toimialalla panostetaan polttokennojen ja vuorovesivoiman kehittämiseen. Power Systems-divisioonan osuus on 18 prosenttia. Meriteollisuus on jäänyt toiseksi pienimmäksi liiketoiminta-alueeksi ja sen osuus on noin 16 prosenttia koko konsernin liikevaihdosta.

Marine-divisioona on yksi maailman johtavia meritekniikan valmistajia. Divisioonalla on tuotantolaitoksia useissa eri maissa, mm. Norjassa, Ruotsissa, Isossa-Britanniassa, Puolassa, Kiinassa, Koreassa, Yhdysvalloissa ja Suomessa. Myynti- ja huoltotoimintaa on 34:ssa maassa. Työntekijöitä on noin 9000. Tuotevalikoimaan kuuluvat potkurijärjestelmät, dieselmoottorit ja kaasuturbiinit, ohjailujärjestelmät, kansikoneet ja evävakaimet. Liiketoiminta kattaa myös integroitujen järjestelmien toimitukset ja laivakonseptien suunnittelut. (Cerutti 2013.)

### 2.1.1 Toimeksiantajan tuotteet ja toiminta

Rolls Royce Oy Ab on osa Rolls Royce konsernin Marine-toimialaa. Rolls Roycella on Suomessa kaksi tuotantoyksikköä, Raumalla ja Kokkolassa sekä myyntikonttori Helsingissä. Rauman tehdas vastaa omalta osaltaan potkurilaitteiden ja kansikoneiden tuotekehityksestä, valmistuksesta, markkinoinnista ja myynnistä. Muissakin Marine-yksiköissä toki suunnitellaan ja valmistetaan potkuri- ja vintturijärjestelmiä. Potkurilaitteita myydään satamahinaajien ja offshore-huoltoalusten lisäksi lyhyen reitin autolauttoihin, maantielauttoihin, jokiristeilijöihin ja tuotetankkereihin. Järeimpiä laitteita käytetään jäänmurtaajissa sekä syvänmeren öljynporauslautoissa. (Sitra & Teknologiateollisuus 2009, 2.) Tuotevalikoimaan kuuluu myös laaja valikoima ankurointi-, kiinnitys- ja hinausvinttureita, joiden pääasialliset sovellutuskohteet ovat risteilijät, rahtilaivat ja hinaajat. Tuotannosta yli 99 prosenttia menee Suomen rajojen ulkopuolelle. Rolls Royce työllistää Suomessa noin 600 henkilöä, joista Rauman yksikössä työskentelee 520 henkilöä. Kokkolan yksikössä työskentelee 84 henkilöä. Tuotantolaitos on keskittynyt Kamewa-vesisuihkulaitteisiin (waterjets). Suurimmillaan laitteita voidaan soveltaa 4200 hevosvoiman laitteisiin. Pienempiä laitteita on kehitetty yhteistyössä Volvon kanssa. (Rolls Royce, Company Profile 2014, 3.)

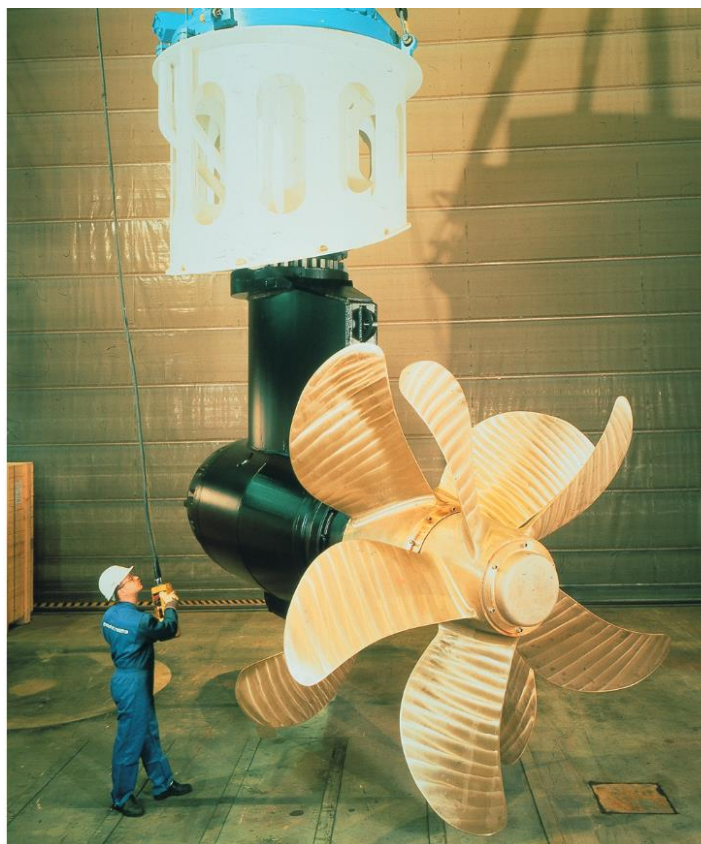
Rolls Royce Oy Ab:n Rauman yksikön liikevaihto vuonna 2013 oli 579 miljoonaa euroa, kasvua edelliseen vuoteen lähes 11 prosenttia. Päämarkkina-alueena on Aasia (64 % liikevaihdosta), sitten Muu Eurooppa (26 %), Pohjois- ja Etelä-Amerikan osuus yhteensä on 9 % ja 1 % tulee Suomesta. Liikevaihdosta 64 % tulee erilaisista potkurilaitteista, 10 % vinttureista ja vesisuihkulaitteiden osuus on nelisen prosenttia. Kaikkien edellä mainittujen huollot ja varaosatoimitukset kerryttävät liikevaihtoa 22 %:n osuudella. (Rolls Royce, Company Profile 03/2014, 3.)

Rauman yksikkö on maailman johtava azimuth-tyyppisten potkurilaitteiden valmistaja. Potkurilaitteet kantavat tuotenimeä Rolls-Royce Azimuth Thruster. Kyseessä on 360 astetta molempiin suuntiin kääntyvä ruoripotkuri. Potkuriyksikkö korvaa perinteisen peräsimen. Järjestelmiä on toteutettu sijoittamalla sähkömoottori itse yksiköön tai akseleihin ja kulmavaihtein toteutettu voimansiirto aluksen koneilta. Ruoripotkurijärjestelmällä varustettua laivaa voidaan ohjailta tehokkaasti kaikilla nopeuksilla. Vuosittain valmistetaan noin 600 potkurilaitetta. Laitteen runko, ohjausputki ja

osa laakeripesistä on valmistettu hitsaamalla laivanrakennusteräksistä ja aineputkista. Osa laakeripesistä valmistetaan myös valamalla. Potkurilaite koostuu kolmesta eri kokonaisuudesta:

- yläosa, kulmavaihde (pystyakseli ja vetoakseli)
- väliosa, ohjausputki (kääntölaakerit ja tiivisteet)
- alaosa, kulmavaihde (pystyakseli ja potkuriakseli). (Laivakonekilta, 2010.)

Azimuth-potkurilaitteet kääntyvät 360 astetta pystyakselinsa ympäri. Niitä asennetaan laitteisiin, jotka tarvitsevat hyvää ohjailtavuutta. Laitteita käytetään myös pitämään syvänmeren öljynporauslauttoja paikoillaan. Dieselkäyttöiset Azimuth-laitteet eivät kilpaile sähkökäyttöisten Azipod-laitteiden kanssa; kummallakin on omat vahvat sovellusalueensa. (Sitra & Teknologiateollisuus 2009, 9.) Alla valokuvat Rolls Royce Oy Ab:n Azimuth-potkurilaitteesta, propulsiopotkurista sekä piirroskuva erityyppisistä Azimuth-laitteista. (Rolls-Royce, Azimuth-thrusters.pdf.)



*Kuva 1. Azimuth-potkurilaite (Rolls Royce 2009 )*



*Kuva 2. Propulsiopotkuri Rauman tehtaalla (Rolls Royce 2009)*

## Azimuth thruster range

### US Type .....

Powers:  
250 - 3700kW



### Azipull .....

Powers:  
900 - 5000 kW



### Contaz .....

Powers:  
2200 - 3700kW



### Underwater Mountable UUC Type .....

Powers:  
3000 - 6500kW



### Retractable UL Type .....

Powers:  
440 - 3800kW



### Swing-up/ Combi .....

Powers:  
736 - 2000kW



*Kuva 3. Ohjauspotkurien valikoima (Rolls Royce 2009)*

Rauman tehtaalla on vastuu potkurilaitteiden suunnittelusta, markkinoinnista, myynnistä ja tuotannosta. Tehdas valmistaa itse ne potkurilaitteiden komponentit, joiden

laatuvaatimukset ovat korkeimmat, mm. ylä- ja alavaihteet sekä akselit. Muut osat tulevat ulkopuolisilta toimittajilta. Suuret ja vaativat komponentit, kuten isot koneistetut rungot tulevat lähialueilta tai Euroopasta meritse. Helposti kuljetettavia komponentteja hankitaan globaalisti. (Sitra & Teknologiateollisuus 2009, 4.) Suurimmat potkurilaitteet on valmistettu Finnyardsin telakan rakentamiin monitoimimurtajiin, Fennicaan ja Nordicaan. (Brevini 2014.) Kummassakin on kaksi 7500 kilowatin potkurilaitetta, joiden korkeus on kymmenen metriä ja potkurin halkaisija 4,2 metriä. Pienimpien laitteiden teho on 300 kilowattia. (Seaside Industry Park Rauma 2014.)

Raumalla hoidetaan myös vintturijärjestelmien suunnittelu, markkinointi ja myynti, mutta niiden kokoonpano tapahtuu Rolls-Roycen tehtaissa Etelä-Koreassa, Kiinassa ja Puolassa. Suuria ankkurinkäsittelyalusten erikoisvinttureita tehdään myös alihankintana Suomessa. Nämä ovat monimutkaisia ja asiakkaalle räätälöityjä yksilöitä, joiden valmistuksen valvonta on helpompaa Suomessa kuin Etelä-Koreassa. Tuotevalikoimaan kuuluvat sähkö- ja hydraulikäyttöiset ankkurointi- ja kiinnitysjärjestelmät, hinausjärjestelmät sekä offshoreankkurinkäsittelyjärjestelmät. Suurimmat toimitetut laitteet ovat vetovoimaltaan yli 630 tonnia. Tuotteiden pääasiallisina sovelluskohteina ovat konttilaivat, tankkerit, matkustajalaivat ja kauppalaivat. Valtaosa, noin 95 %, toimitetaan maailman telakoilla valmistettaviin aluksiin. Suomessa tunnetuimmat kohteet ovat Aker Finnyardsin rakentamat RCCL:n Freedom-luokan alukset sekä Color Linen risteilyalukset ja useat autolautat ja kolme Tallinkin alusta.

Kaiken kaikkiaan potkurilaitteita ja vinttureita on valmistettu yhteensä lähes 22 000 kappaletta. Rolls-Roycen Rauman tehtaan menestystekijöinä on vahva tuotemerkki, kattava myyntiverkosto sekä tuotekehitys = oma ”laboratorio”. Markkinajohtajana yhtiöllä on runsaasti käytössä erilaisia laitteita, joista saadaan koko ajan tarkkoja mitaustuloksia aidoista käyttöolosuhteista, joita sitten hyödynnetään tuotekehityksessä. (Sitra & Teknologiakeskus 2009, 6, 9.)

### 2.1.2 Historiasta

Rolls Royce Oy Ab eli entinen Aquamaster-Rauma on kahden kilpailevan telakkayhtiön Rauma-Repolan ja Hollmingin vuonna 1988 perustama yhtiö, jonka juuret ulot-

tuvat Rauman vintturituotantoon 1940-luvulle. Vuonna 1995 englantilainen pörssi-yhtiö Vickers Plc osti Aquamaster-Rauma Oy:n. Syntyi kiinteää yhteistyötä ruotsalaisen Kamewa Ab:n kanssa ja muodostettiin Kamewa Group. Vuonna 1998 yhtiö muutti nimekseen Kamewa Finland Oy. Vuonna 1999 Vickers osti norjalaisen Ulsteinin ja näin syntyi Vickers Ulstein Marine Systems (VUMS). Myöhemmin samana vuonna koko Vickers-konserni siirtyi englantilaisen Rolls-Roycen omistukseen. 17.7.2000 alkaen yhtiön nimi on ollut Rolls-Royce Oy Ab. (Rolls Royce, Company Profile 2014, 1.)

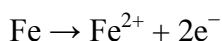
### 3 KOMPONENTTIEN SUOJAAMINEN

#### 3.1 Komponenttien korroosio

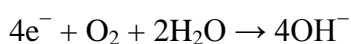
Potkurilaitteiden komponentit, joita kulutetaan jatkuvasti ja jotka ovat ”vähemmän vaativia”, tuodaan Rauman tehtaalle konteittain mm. Kiinasta, Bulgariasta ja Romaniasta. Komponentit pinnoittamattomat osat suojataan kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi suojarasvalla ehkäisemään ruosteen muodostumista. Korroosiolla tarkoitetaan raudan, käytännössä useimmiten teräksen, korroosiota. Ruostetta syntyy kun rautaatomit hapettuvat veden ja hapen vaikutuksesta. Se on seos rautaoksida ja hydroksida. Korroosio on hidasta palamista, kuten lahoaminen. (Länsiluoto 1980, 1.)

Rauta ruostuu happipitoisessa vedessä ja kosteassa ilmassa. Ilman suhteellisen kosteuden laskeminen alle 50 %:iin, joko ilmaa kuivaamalla tai lämpötilaa nostamalla, estää tehokkaasti teräspintojen ruostumisen (Konetekniikan materiaalioppi 2004, 243.) Täysin puhdas rautapinta pysyy muuttumattomana pitempään kosteammassakin ilmassa. Toisinaan ilmaa ja kaasuja on puhdistettava syövyttävien aineiden poistamiseksi laitteita ympäröivästä ilmakehästä.

Korroosion muodostuminen voidaan jakaa kolmeen osaan: rauta(II)-ionien muodostumiseen, hydroksi-ionien muodostumiseen ja niiden molempien sekä hapen reaktioon. Teräksen ja veden välillä tapahtuu sähkökemiallinen prosessi, jossa rautaatomit hapettuvat rauta(II)-ioneiksi – metallinen rauta muuttuu vesiliukoisiksi ioneiksi:



Luovutetut elektronit kulkevat vesipisaroiden - joihin on liuennut paljon happea - reunoilla. Ne pelkistävät veden ja hapen hydroksidi-ioneiksi (ks. kuva 4). Pelkistyminen on elektronien vastaanottamista:

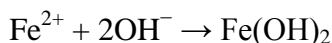




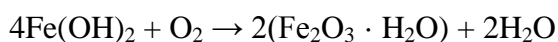
Sekä hapettuminen että pelkistyminen voivat tapahtua samalla metallipinnalla sen eri kohdissa. Syöpyvää eli hapettuvaa pintaa kutsutaan anodiksi ja pintaa, jolla pelkistyminen tapahtuu katodiksi. Metallit johtavat sähköä ja näin elektronit pääsevät siirtymään anodilalueelta katodialueelle. Elektronien lisäksi korroosiossa syntyy ioneja, kuten  $\text{Fe}^{2+}$  ja  $\text{OH}^-$ . Jotta korroosio voi edetä, näiden ionien pitää siirtyä pois pinnoilta ja se tapahtuu pinnoilla olevan nesteen eli elektrolyytin avulla, johon ionit voivat liueta. Elektrolyytinä voi toimia esimerkiksi ilmasta tiivistyvä kosteus tai kostea maaperä. (Laitinen 2012, 1.)

Syöpyvä anodipinta ja katodipinta ovat sähköä johtavassa yhteydessä toisiinsa sekä metallin että nesteliuoksen välityksellä. Yhdessä nämä muodostavat suljetun virtapiirin – korroosio on aina sähkökemiallinen tapahtuma.

Hydroksidi-ionit reagoivat rauta(II)-ioneiden ja veteen liunneen hapen kanssa muodostaen rautaoksidia:

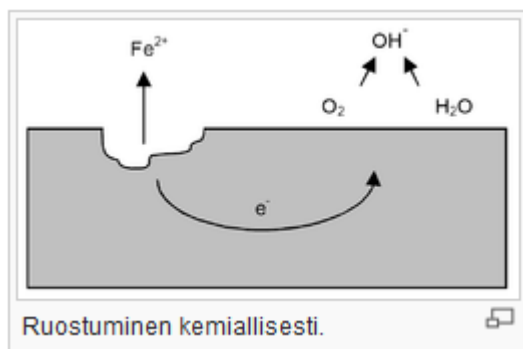


Rautahydroksidi voi edelleen reagoida hapen kanssa, jolloin muodostuu kidevedellistä rautaoksidia  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  eli ruostetta.



Näin ollen ruoste on lopulta hydratoitunutta rauta(III)-oksidia. Se on vesi- ja ilmahuokoista, joten muodostunut ruostekerros ei suojaa koko rautakappaletta, joka muuttuu ajan myötä kokonaan ruosteeksi.

Korroosio tapahtuu nopeammin merivedessä kuin makeassa vedessä  $\text{Na}^+$ - ja  $\text{Cl}^-$ -ionien takia, jotka saavat liuoksen johtamaan paremmin sähköä. Myös hapot edesauttavat ruostumista. (Korroosiokäsikirja 2008, 34.)



Kuva 4. Raudan korroosio, Wikipedia

Materiaalien kemiallisen tai sähkökemiallisen reaktion (korroosio) seurauksena menetetään materiaalien käyttötarkoituksen kannalta tärkeitä ominaisuuksia ja kärsitään taloudellisia vahinkoja. Korroosion perussyynä on se, etteivät rakenneaineina käytettävät metallit ole termodynaamisesti pysyviä, vaan pyrkivät esiintymään yhdisteinä kuten luonnossakin. (Konetekniikan materiaalioppi 2004, 239.)

### 3.2 Korroosion estäminen

Korroosio voidaan estää kolmella tavalla:

- pysäyttämällä anodireaktio
- pysäyttämällä katodireaktio
- estämällä sähkövirran kulku paikallisparissa.

Anodireaktio pysäytetään passivoimalla pinta epäjalommalla aineella, ”uhrimetallilla”. Maalit voivat sisältää epäjalompaa pigmenttiä, esimerkiksi sinkkipölyä. Myös ns. lyijymönjamaalit passivoivat teräspinnan. Katodireaktion pysäyttämisessä on kysymys hapen, veden ja elektronien kohtaamisesta. Paksut pinnoitteet, massat ja öljyt toimivat tällä periaatteella, samoin korroosionestomaalit. Sähkövirran kulun estäminen perustuu taas tiheään maalikalvoon, joka estää ionien liikkumisen metallin pinnalla. Tähän vastusinhibointiin perustuu useimpien maalien korroosionestokyky. Nykyaikaiset epoksimaalit, kemiallisesti kuivuvat reaktiomaalit, on todettu muun muassa laivoissa tarkoitukseen sopiviksi. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 76-77.)

Tilapäisen korroosioneston aikaansaamiseksi tavallisin toimenpide on suojata pinta kalvon muodostavalla korroosionestoaineella. Korroosionesto saadaan aikaan mineraaliöljyistä, rasvoista, vahoista, bitumista, vaseliinista tai muovista muodostuvalla kalvolla, joka vaikeuttaa kosteuden, hapen ja epäpuhtauksien pääsyä metallipinnalle. Korroosionestokykyä voidaan parantaa lisäämällä aineisiin korroosionestoinhibiittijä. Ohuen ja tasaisen kalvon aikaansaamiseksi käytetään liuottimia, jotka helpottavat korroosionestoaineen levittymistä. Liuottimena voidaan käyttää esim. lakkabensiiniä tai muuta orgaanista liuotetta. Vettä syrjäyttäviä aineita lisätään, jotta aineiden levi-  
tys myös kosteille pinnoille olisi mahdollista. Korroosionestoaineissa on myös neutraloivia aineita, joita käytetään sitomaan korroosiota aiheuttavia aineita, kuten suoloja tai heikkoja happoja. (Korroosiokäsikirja 2004, 742-743.)

### 3.3 Kuljetuksen ja varastoinnin aikainen korroosiosuoja

Kuljetuksen ja varastoinnin aikana huomiota on kiinnitettävä komponenttien pakkaamiseen ja metallipintaa lähellä olevaan ympäristöön, ns. mikroilmastoon. Lämmittämättömissä huoneistoissa ilmasto seuraa ulkoilmastoa. Lämmitetyissä tiloissa ulkoilmaston vaihtelut tasaantuvat, jos sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero voidaan pitää suurempana kuin 6 – 8 astetta. Kesäkuukausina tämä on haasteellista, mistä seuraa ilman suhteellisen kosteuden nousu ja korroosioherkkyyden kasvu. Pakkauksen ilmasto noudattaa ympäröivää ilmastoa, jos ilmanvaihto on hyvä. Jos kyseessä on tiivis pakkaus, sen ilmasto riippuu suurelta osin pakkausmateriaalista, joka voi olla kosteutta imevää, hygroskooppista, kuten kaksikerroksista paperia, aaltopahvia, kartonkia tai puuta. (Länsiluoto 1980, 6.)

Mikroilmastoon vaikuttaa myös se, synnyttääkö pakkausmateriaali tai itse komponentti orgaanista korroosiota aiheuttavia kaasuja, kuten fenoleja, formaldehydiä, muurahaishappoa, sitomatonta etikkahappoa yms. Pakkausmateriaalina käytetty esim. valkaistu tai valkaisematon paperi voivat sisältää klorideja tai sulfaatteja, jotka voivat omalta osaltaan aiheuttaa korroosiovaurioita.

Vakavimmat korroosiovauriot syntyvät kuitenkin veden tiivistyessä komponenttien pinnalle. Näin voi käydä, jos pakataan kylmää tavaraa ja pakkaus lämpenee kuljetuk-

sen aikana, niin silloin hygroskooppinen pakkausmateriaali luovuttaa vesihöyryä. Tiivistyminen tapahtuu komponentin pinnalle, koska sen lämpötila muuttuu hitaammin. Ja mitä suuremmasta komponentista on kyse, sen suurempi on tiivistymisen riski. Tiivistymistä voi tapahtua myös lämpötilojen merkittävästi alentuessa, koska tällöin suhteellinen kosteus nousee. Pakkausmateriaali voi aluksi adsorboida osan vedestä, mutta ajan kuluessa vesi tiivistyy myös komponentin pinnalle. Vettä hylkivän materiaalin, kuten muovin, käyttö nopeuttaa veden tiivistymistä tuotteen pinnalle. Erityisesti pitkissä kuljetuksissa, joissa lämpötilojen vaihtelut voivat olla suuria, muovipakkauksiin on havaittu kertyneen suuria määriä vettä. Vesi voi päästä sisään mikrohuokosten kautta tai huonoista sulatussaumoista. (Länsiluoto 1980, 6.)

Auto- ja junakuljetuksissa pakkaamattoman komponentin kannalta ilmastoa voidaan verrata lämmittämättömiin sisätiloihin. Pakatun komponentin ilmaston määrää käytetyn pakkausmateriaalin kosteuspitoisuus. Mitä lyhyempi kuljetus, sen kohtuullisempi suojakäsittely vaaditaan. Merikuljetuksissa pakkaamattomat osat ja ilmastoidut pakkaukset kannelle lastattuina joutuvat alttiiksi ulkoilmastolle, jonka suhteellinen kosteus voi nousta 80 %:iin. Ulkoilmasto vaikuttaa vain tietyissä määrin laivan ruumassa vallitsevaan ilmastoon. Ratkaisevia tekijöitä ovat ilman kosteuspitoisuus lastaustilanteessa, meren lämpötila ja ilmanvaihto-olosuhteet. Lämpötilan laskiessa kasvaa kosteuden tiivistymisen vaara.

Ilmastoimattomissa pakkauksissa ja konteissa ilmasto määräytyy suureksi osaksi hygroskooppisten pakkausmateriaalien mukaan. Ne tasaavat suhteellista kosteutta, mutta voimakkaat lämpötilan laskut lisäävät kosteuden tiivistymistä. (Länsiluoto 1980, 7.)

### 3.4 Voitelurasvojen rakenne ja ominaisuudet

Kalvon muodostamia tilapäisiä korroosionestoaineita valmistetaan yleensä öljypohjaisista tuotteista ja ne voidaan jakaa alatyypin perusteella seuraavasti:

- emulgoituvat ruosteenestoaineet
- ruosteenestoöljyt
- ruosteenestonesteet

- ruosteenestorasvat
- lämpiminä levitettävät ruosteenestoaineet. (Korroosiokäsikirja 2008, 743.)

#### 3.4.1 Emulgoituvat ruosteenestoaineet

Kaikissa näissä alatyypeissä on lukuisa joukko erilaisia variaatioita. Ruosteenestoemulsiota käytetään esimerkiksi sellaisten laitteiden sisäpuoliseen suojaukseen, joissa saattaa olla vettä tai kosteutta. Emulgoituvissa ruosteenestoaineissa ruosteenestoöljy on emulgoitu veteen ja veden haihtuessa metallin pinnalle jää ohut öljymäinen kalvo. (Länsiluoto 1980, 18.)

#### 3.4.2 Ruosteenestoöljyt

Ruosteenestoöljyt ovat kehitetty sellaista erikoiskäyttöä varten, jossa vaaditaan veden syrjäyttämiskykyä, kylmänkestävyyttä tai tunkeutuvuutta. Näitä öljyä käytetään yleisesti, kun halutaan yhdistää voitelevaa vaikutusta korroosionestoon, esim. moottoreiden ja vaihdelaatikoiden sisäpuolisessa suojaamisessa. Öljyä käytetään myös suojaamaan eri työstövaiheiden välillä teräksisiä koneenosia, työkaluja, kuula- ja rullaakereita, aseita, mittausinstrumentteja jne. (Länsiluoto 1980, 18.)

#### 3.4.3 Ruosteenestonesteet

Ruosteenestonesteet sisältävät liuottimia, jotka levityksen jälkeen haihtuvat jättäen metallin pinnalle suojakalvon. Näitä on yleensä helppo levittää kastamalla, ruiskuttamalla tai sivelemällä. Ruosteenestonesteet voidaan muodostuvan kalvon perusteella jakaa viiteen ryhmään:

- öljy- tai rasvakalvo
- vahamainen kalvo
- lakkamainen kalvo
- muovikalvo
- kuorittava muovikalvo. (Länsiluoto 1980, 18.)

Ruosteenestonesteitä on paitsi helppo levittää, myös suhteellisen helppo poistaa ja sen vuoksi niitä käytetäänkin mitä moninaisimpien osien suojaamiseen valmistuksen aikana tai varastoinnissa ja kuljetuksissa. Kalvolla ei ole mekaanista kestävyyttä, joten pölyä ja muita epäpuhtauksia kerääntyy helposti tahmealle pinnalle. Kuljetettavat osat voidaan helposti pakata öljynkestävään paperiin liuottimen haihduttua. Öljyn- tai rasvakalvon muodostavia ruosteenestoaineita käytetään mm. kampiakselien, akselien, mäntien, sahojen, jousien, työkalujen tai koneiden kuula- ja rullalaakereiden suojaamiseen. (Korroosiokäsikirja 2008, 744.)

Vahaa tai vahamaisia kalvoja muodostavia ruosteenestoaineita käytetään, kun halutaan kiinteitä kalvoja, jotka toimivat myös mekaanisena suojana. Keskipaksuja kalvoja käytetään pitkäaikaisessa sisävarastoinnissa tai lyhyemmissä ulkovarastoinnissa sekä kuljetuksissa. Paksut kalvot taas soveltuvat vaativaan varastointiin sekä sisä- että ulkotiloissa sekä vienti/tuontitavaroiden kuljetukseen. Aineet on helppo levittää, mutta hankalampi poistaa. Vahalla suojatut esineet voidaan kuljettaa ilman öljynkestävää suojapaperia. Käyttökohteita ovat koneet, koneenosat, ajoneuvot, aseet, varaosat jne. (Korroosiokäsikirja 2008, 744.)

Lakkamaisen kalvon muodostavat ruosteenestoaineet suojaavat metallin pintaa kovilla ja sitkeillä kalvoilla, jotka antavat myös mekaanista suojaa. Aineita on vaikea poistaa ja niitä käytetään karkeisiin ja työstämättömiin pintoihin varastoinnissa ja kuljetuksissa vaikeissa korroosio-olosuhteissa. (Korroosiokäsikirja 2008, 744.)

Ruosteenestoaineista liuottimen haihduttua syntynyt muovikalvo on yleensä ohut, kuiva ja läpikuultava. Kalvo suojaa kolhuilta ja naarmuilta ja sitä käytetään usein pysyvänä suojauksena valmistuotteille, kuten työkaluille ja poranterille. (Korroosiokäsikirja 2008, 744.)

Kuorittavaa muovikalvoa käytetään tavallisesti pinnoiltaan tasaisiin valmistuotteisiin, mutta myös yksinkertaisesti muotoiltuihin työkaluihin ja koneen osiin. Metallin pinnalle liuottimen haihduttua muodostunut muovikalvo on helposti poistettavissa joutuessaan sen heikosta kiinnittymiskyvystä. (Korroosiokäsikirja 2008, 744.)

#### 3.4.4 Ruosteenestorasvat

Ruosteenestorasvoilla saadaan pehmeä rasvamainen kalvo, joka ei kestä mekaanista kulutusta, mutta ne suojaavat muutoin hyvin vaikeissa olosuhteissa ja niiden kylmänkestävyys on erinomainen. Tahmeaan pintaan kerääntyy helposti pölyä ja muita epäpuhtauksia. Ruosteenestorasvoja on melko hankala levittää ja niitä käytetään tavallisesti haluttaessa yhdistää ruosteenestoon voiteleva vaikutus, kuten hammaspyöriin, akseleihin ja suurempiin kuula- ja rullalaakereihin. Toki niitä käytetään myös koneisiin, moottoreihin ja muihin pintoihin, jotka eivät ole pysyvästi pintakäsiteltyjä. (Korroosiokäsikirja 2004, 743-744.)

Ruosteenestorasvojen tavoitteena on estää syöpyminen ja samalla toimia tiivisteinä ympäristön likaa vastaan. Termiselle ja mekaaniselle kuormitukselle sekä vedenkestävyydelle asetettujen kasvavien vaatimusten myötä on kehitetty suuri määrä erityyppisiä rasvoja. (Kara 1989, 111.) Nykyaikaiset voiteluaineet on valmistettu saentimesta, joka on dispergoitu nesteeseen. Useimmissa tapauksissa saentimena käytetään saippuaa ja nesteenä jalostettua mineraaliöljyä. Käytettävät saippuat ovat rasvahappojen metallisaippuuita, joita syntyy lipeän ja rasva-aineen vaihtoreaktion tuloksena. Lipeälajista, rasva-aineen koostumuksesta, hiilivetyrakenteesta, mineraaliöljyn fysikaalisista ominaisuuksista ja valmistusparametreista (lämpötila, aika ja paine) riippuen saadaan ominaisuuksiltaan erilaisia rasvoja. Rasvojen kovuuteen vaikutetaan ohentamalla niitä mineraaliöljyllä. (Kara 1989, 111.) Haluttujen ominaisuuksien aikaansaamiseksi voitelurasvaan lisätään sekoittimessa lisäaineita.

#### 3.4.5 Lämpimänä levitettävät ruosteenestoaineet

Lämpimänä levitettävät ruosteenestoaineet levitetään kastamalla esine sulaan massaan. Tällaisia aineita ovat vaseliinit ja vahat sekä vastaavat ja sulatemuovit. Vaha aikaansaa paksun kalvon ja muodostaa näin ollen erinomaisen ruosteeneston pitkäksi aikaa sekä sisällä että ulkona. Vahojen käyttö on kuitenkin viime vuosina vähentynyt johtuen korkeista levityskustannuksista ja poistamisvaikeuksista. Kuljetettaessa tuotetta se on pakattava öljynkestävään pakkaukseen.

Kastamalla esine sulaan muoviin saadaan kestävä paksu kalvo, joka antaa ruosteeneston lisäksi myös suojan mekaanista kulutusta vastaan. Kalvo voi olla kuiva tai öljyinen, mutta se on yleensä helposti kuorittava. Sulatemuovia käytetään teräväreunaisiin osiin. Käytön jälkeen muovi voidaan sulattaa ja käyttää uudelleen. (Korroosiokäsikirja 2008, 745.)

### 3.5 Korroosioaineiden levitysmenetelmät

Ruosteenestoaineet, jotka muodostavat suojakalvon, tulee levittää aina puhtaille ja kuiville pinnoille. Poikkeuksena ovat vettä syrjäyttävät ruosteenestosteet ja –emulsiot, joita voidaan levittää myös kosteille pinnoille. (Länsiluoto 1980, 19.)

Mietittäessä sopivaa levitysmenetelmää on otettava huomioon kohteen koko ja muoto, osien lukumäärä, ruosteenestoinetyyppi (viskositeetti ja kuivumisaika), tarvittavat välineet sekä kustannukset. Vaihtoehtoisia levitysmenetelmiä ovat kohteen kastaminen, ruiskuttaminen, levittäminen siveltimellä tai harjalla, pinnan huuhtelu, täyttö ja tyhjentäminen, valssaaminen, rumpukäsittely sekä sisäinen täyttö. (Korroosiokäsikirja 2008, 745.)

Kauttaaltaan suojattaville tuotteille paras menetelmä on kastaminen. Tämä edellyttää tuotteelta sellaista kokoa, että työn suorittamien sujuu käytännöllisesti säiliöön kastamalla. Menetelmä on yksinkertainen, nopea ja taloudellinen sekä antaa erinomaisen suojan kalvon muodostuessa tasaiseksi ja aukottomaksi.

Suurikokoisille tuotteille sopivin menetelmä on ruiskuttaminen. Jos käsiteltäviä osia on vähän, suoja-aine voidaan levittää siveltimellä tai harjalla.

Muut mainitut levitysmenetelmät ovat käytössä nimensä mukaisissa erikoistapauksissa. (Korroosiokäsikirja 2004, 745-746.)



### 3.6 Suojauksen poistomenetelmät

Tilapäisen ruosteenestosuojan antaville aineille perusvaatimuksena on myös aineen helppo poistettavuus. Riippuen tavarán jatkokäsittelystä perusvaatimukset poistamiselle voivat vaihdella hyvinkin paljon. Korkeimmat vaatimukset asetetaan tuotteille, joille suoritetaan pysyvä pintakäsittely esimerkiksi lakkaamalla tai emaloimalla. (Länsiluoto 1980, 22.)

Useimpien tilapäisten ruosteenestoaineiden poistoon sopii Tri-rasvanpoisto tai alkalinen puhdistus. Myös lakkabensiiniä voidaan käyttää. Joillakin suoja-aineilla on taipumus hapettua ajan kuluessa. Hapettumistuotteet ovat vaikeasti poistettavissa ja ne huonontavat galvaanisen pintakäsittelyn tuloksia. Ruosteenestoaineet, joihin on lisätty metallisaippuuita, voivat vaihtaa ioneja pohjamateriaalin kanssa. Tällöin metalli sakkautuu ja seurauksena voi olla korroosiopesäkkeiden muodostuminen pintakäsittelymateriaalin alle.

Rasvanpoiston on tapahduttava välittömästi ennen seuraavaa pintakäsittelyä, koska pinta, josta rasva on poistettu, on erittäin korroosioarka. (Korroosiokäsikirja 2008, 746.)

Pintakäsittelemättömille tuotteille asetetut puhtausvaatimukset ovat vähäisemmät. Usein on tarve poistaa ruosteenestoaine vain yhdestä tai muutamasta osasta. Siksi tällaisten kohteiden puhdistusmenetelmienkin tulee olla yksinkertaisia. Useimmat mineraaliöljypohjaiset suoja-aineet poistetaan lakkabensiinillä. Muovi- ja hartsipohjaisiin suoja-aineisiin käytetään trikloorietyleeniä tai alkalioita. Pienempien kohteiden puhdistuksessa käytetään lakkabensiinihuuhtelua yhdistettynä siveelyyn tai harjaukseen ja sitä seuraavaan puhdistushuuhteluun. Yhdistetuotteiden kohdalla on huomiotava, ettei mukana ole materiaaleja, joita liuotin voi vahingoittaa. (Korroosiokäsikirja 2004, 746.)

## 4 SUOJAAMISEN HAASTEET ROLLS ROYCE OY AB:SSA

### 4.1 Tuotteiden hankinta ja toimitusketjun hallinta

Rolls Royce Oy Ab:n tavoitteena on parantaa toimintojen tehokkuutta, säästää aikaa, välttää päällekkäisyyksiä koordinoinnin ja laadunvalvonnan suhteen ja parantaa lopputulosta valitsemalla oikeat ja toimivat kumppanuudet koko hankinta- ja tuotantoketjun osalta. Keskeistä on toimittajien osaamisen ja suorituskyvyn arviointi. Yhtiö on jatkuvasti kehittänyt alihankintaverkostoaan ja keskittynyt itse loppukokoonpanoon.

Potkurilaitteiden komponentteja hankitaan globaalisti. Tuotantopaikoilla on oma hankintaorganisaatio, jossa ostajilla on kahdenlaisia rooleja. Strategiset ostajat tekevät pitkän aikavälin sopimukset niistä komponenteista, joita hankitaan vain kyseiselle tuotantopaikalle. Operatiiviset ostajat huolehtivat toimitusten oikea-aikaisuudesta ja laadusta. Jos ajoituksessa tai laadussa on ongelmia, niitä ryhtyvät ratkomaan toimittajien kehittämisestä vastaavat henkilöt. (Sitra & Teknologiateollisuus 2009, 7.)

Rolls Royce Oy Ab:n yksi menestystekijöistä on hyvä toimitusketjun hallinta eli kyky yhdistää optimaalisella tavalla valmistus Suomessa ja alhaisen kustannustason maissa. Erityisesti Kiinasta tuodaan vakiokomponentteja, joita ei tarvitse räätälöidä asiakastarpeisiin.

Potkurilaitteiden suurimmat yksittäiset komponentit pyritään saamaan kokoonpanolinjalle juuri oikeaan aikaan. Pienemmät osat tuodaan laitekohtaisina asennussarjoina linjan työasemille. Asennussarjat kokoaa logistiikkakumppani noin kahta viikkoa ennen kuin niitä tarvitaan kokoonpanolinjalla. Alihankkijoilla onkin merkittävä rooli niin toimitusketjun parantamisessa kuin tuotekehityksessä. Heidän kanssaan tehdään tiivistä yhteistyötä koko hankintaprosessin virtaviivaistamiseksi. Alihankkijat toimittavat yhä suurempia kokonaisuuksia ja siksi alihankkijoiden määrää on voitu vähentää. (Suomen Osto- ja logistiikkayhdistys 2011.)

Toimittajien kanssa tehdään tiivistä yhteistyötä ja tilauskantaa peilataan säännöllisesti yhteistyöpalavereissa. Suurimmille toimittajille lähetetään ennusteet vähintään neljä kertaa vuodessa. Komponenttien toimitusajoista riippuen ostot pyritään vahvistamaan kolmen tai jopa kahdentoista kuukauden päähän, jotta toimittajat voivat hankkia materiaalit ja ryhtyä valmistamaan niitä oman suunnitelmansa ja aikataulunsa mukaan. Toimittajille ilmoitetaan aikaväli, jonka aikana komponentti halutaan tehdä ja lopuksi ilmoitetaan päivämäärä, jolloin sen on oltava kokoonpanolinjalla. (Sitra & Teknologiateollisuus 2009, 11.) Komponentteja tuodaan Kiinan ohella paljon myös Bulgariasta ja Romaniasta.

#### 4.2 Haasteelliset komponentit

Pitkän kuljetusmatkan takaa tulevien komponenttien pinta on suojattava huolellisesti tilapäisen korroosioneston aikaansaamiseksi. Erityisesti Kiinasta tuotavissa komponenteissa käytetään vahvaa, sitkeää suojarasvaa, jonka poistaminen ennen tuotantolinjalle siirtoa on osoittautunut huomattavan hankalaksi ja aikaa vieväksi. Myös Bulgariasta tuotavissa osissa esiintyy vastaavaa haastetta.

Opinnäytetyön käytännön osuus perustuukin Rolls Royce Oy Ab:n työntekijöiden ja alihankkijoiden haastatteluihin komponenttien suoja-aineen huonosta poistettavuudesta. Kaikki haastatellut totesivat ”ongelmallisten” komponenttien tulevan aina samoilta toimittajilta ja käytetty suojaustapa on samanlainen. Osat tuodaan maahan konteissa tai trailereissa. Komponentit kuljetetaan joko puukehikoissa tai sitten ovat suojattuja kutistemuovilla tai inhibiittimuovilla. Pelkän kartongin suojausmenetelmänä todettiin olevan huonon, koska se tarttuu herkästi komponenttien pinnalle leviettyyn suojarasvaan ja poisto on hankalaa. Joudutaan mekaaniseen irrotukseen. Vaikeimmin puhdistettavia komponentteja ja niiden osia ovat kiinalaiset ”spiderit”, runkosovitteet, ohjausputken laipat, välilaipat, tiivistepesät ja niiden sisäpuoliset kannet. Toimittaja on levittänyt suojarasvan joko ruiskuttamalla tai siveltimellä. Silmäämääräisesti arvioituna suoja-ainetta vaikuttaa olevan liian runsaasti ja se on valuvaa. Korroosionesto on saavutettu, mutta tilapäisen suojauksen toinen vaatimus, helppo poistettavuus, ei täyty. Seuraavassa kuvasarja vaikeasti puhdistettavista komponenteista.



*Kuva 5. Bulgariasta tuotu komponentti*



*Kuva 6. lähikuva valuvasta suojarasvasta*



*Kuva 7. potkurin alaosa menossa pesuun*



*Kuva 8. Bulgarialaisittain pakattu*

Puhdistamiseen liittyvä ongelma havaitaan usein vasta kun komponentit tuodaan varastosta kokoonpanolinjalle. Komponenttien varastointiaika vaikuttaa myös puhdistettavuuteen. Eräs haastatelluista totesi auringonvalon entisestään sitkistävän suoja-ainetta, toinen piti kylmyyttä, kappaleiden jäätymistä haittaavana seikkana ja yksi epäili ajan vaikutuksen merkitystä. Tosiasiana voidaan kuitenkin pitää, että korroosioherkkyys kasvaa ilmankosteuden ja lämpötilojen vaihdellessa ja aika lisää korroosion todennäköisyyttä. Komponenttien varastointiaika on maksimissaan kaksi – kolme kuukautta, joten periaatteessa kaikki edellä mainitut osatekijät voivat vaikuttaa suoja-aineeseen ja sen poistettavuuteen.

### 4.3 Käytetyt suoja-aineet

Tilapäinen suojaus on menettely, jota voidaan käyttää valmistuksen aikana, kuljetuksessa tai varastoinnissa. Tilapäisellä suojauksella tarkoitetaan korroosiota lyhyemmäksi tai pidemmäksi ajaksi torjumaan aiottua suojausta, jolle on ominaista, että suojatun esineen pinta säilytetään alkuperäisessä kunnossa tai, että se voidaan helposti uudelleen saattaa alkuperäiseen kuntoon poistamalla suoja-aine tai pakkaus. (Länsiluoto 1980, 1.)

Bulgariasta toimitettaviin komponentteihin käytetään pääsääntöisesti neljää erilaista suojausainetta: Mayak'n valmistamaa normaalia rasvaa, Elmaukselta liuotinpohjaista korroosionestoainetta keskipitkää varastointia tarvitseviin osiin, MWH:n ja OMZ:n suoja-aineita pitkäaikaista ulkovarastointia vaativiin komponentteihin sekä NAK-MASHin kosteussuojaa.

#### 4.3.1 Mayak'n rasva

Mayak'n toimittama suoja-aine on notkea, helposti havaittava ruosteenestorasva, jolla on varsin hyvä ruosteenesto-ominaisuus. Tätä voidaan käyttää sekä käsitellyille että käsittelemättömille pinnoille. Aine muodostaa pehmeän ja rasvamaisen suojakalvon, joka saavuttaa asteittain kiinteän olomuodon. Mayak'n ruosteenestorasva on tarkoitettu nimenomaan rauta- ja teräsesineiden suojaksi varastoitaessa ja kuljetetta-

essa niitä vaativissa korroosio-olosuhteissa. Suojarasva levitetään siveltimellä. Suojakalvon poistamisessa voidaan käyttää lakkanafaa, kloorattua hiilivetyä tai alkalista rasvanpoistoaainetta. (Chesterton 2014.)

#### 4.3.2 Elmaus – Rust Veto 211D

Rust Veto 211D:lla aikaansaadaan ohut läpinäkyvä vedenkestävä suojakalvo metallikomponenttien pinnalle korroosion estämiseksi keskipitkää sisätiloissa tapahtuvaa varastointia varten. Rust Veto 211D on yleiskäyttöinen liuotinpohjainen ruosteenestoneste, joka levityksen jälkeen haihtuu ja jättää metallin pinnalle suojakalvon. Ruosteenestonesteillä on hyvä ”tunkeutumiskyky” ja siksi ne soveltuvat hyvin myös saumojen ja liitosten käsittelyyn. Ainutlaatuinen kalvonmuodostusaineiden ja inhibiittorisysteemien yhdistäminen antaa tehokkaan ja pitkäaikaisen suojan ruostetta vastaan. Se voi jopa pysäyttää alkaneen ruostumisen. Rust Veto 211D antaa erinomaisen korroosiosuojan jopa kahdentoista kuukauden ajaksi, mikäli komponentteja varastoidaan sisätiloissa noin 10 – 25 asteen lämpötilassa.

Aineen levitys on helppoa – se voi tapahtua kastamalla, ruiskuttamalla tai sivelemällä. Ruosteenestonestettä ei ole aina välttämätöntä edes poistaa ennen komponenttien kokoonpanoa. Puhdistamien on kuitenkin helppoa liuottimilla tai emäksisillä puhdistusaineilla. (Houghton Rust Veto 211D.)

#### 4.3.3 MWH ja OMZ – Rust Veto 232

Rust Veto 232 on tarkoitettu ruosteenestoaineeksi pitkäaikaista sisällä tapahtuvaa varastointia (jopa kolme vuotta), lyhyempää ulko-varastointia (12 – 18 kuukautta) tai kuljetusta varten. Se on sekoitus vahaa ja haihtuvia liuottomia sisältäviä korroosionestoaineita. Aine muodostaa kiinteän kalvon, joka antaa myös mekaanista suojaa. Aine on helppo levittää, mutta hankalampi poistaa. Poistetaan liuotinpesuaineella.

Vahalla suojatut komponentit voidaan pakata kuljetusta varten ilman öljynkestävää suojapaperia (Houghton Rust Veto 232).

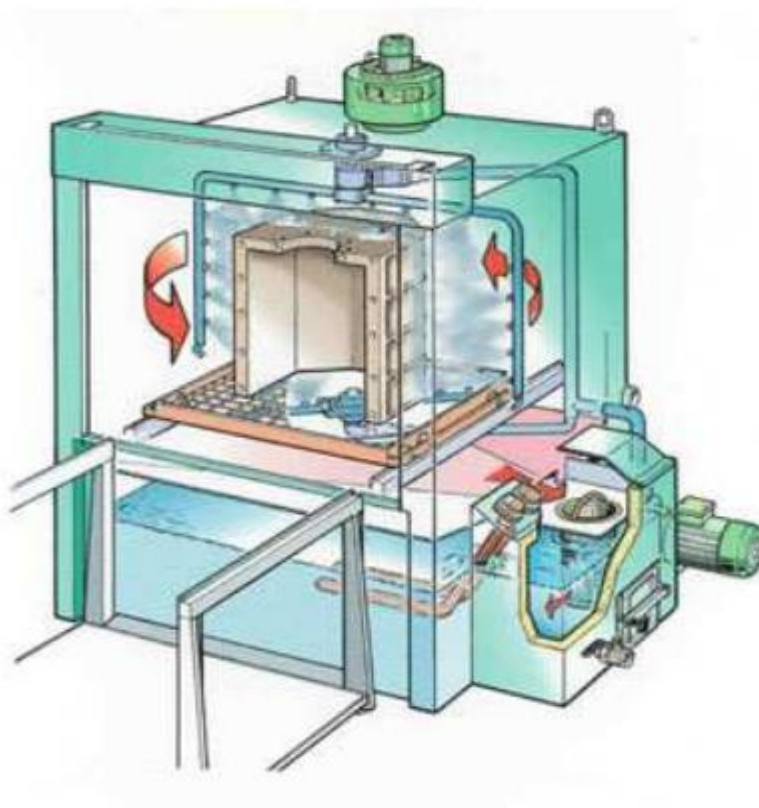
#### 4.4 Puhdistus pesukoneella

Komponenttien pinnalla oleva suoja-aine sekä lika on poistettava ennen kokoonpanolinjalle siirtoa. Orgaanisen lian poistamisen yhteydessä käytetään yleensä termiä rasvanpoisto. Itse puhdistus voidaan tehdä usealla eri aineella ja menetelmällä riippuen vaaditusta puhtaustasosta ja jatkokäsittelytoimenpiteistä. Rasvat ja öljyt voidaan poistaa liuotinaineilla, alkalisilla pesuaineilla tai vesi-liuotinemulsiolla. Pesumenetelmiä ovat ruiskutus, upotus, pyyhintä, liuotinhöyrypesu tai ultraäänipesu. (Kamat 2007, 1.)

Komponentteja esivalmistellaan ennen pesukoneeseen siirtämistä. Etenkin talvella komponentit tuodaan sisään lämpiämään noin kuudesta kahdeksaan tuntia (työvuoro) ennen pesun aloittamista. Jotkut osat on käännettävä ympäri. Osien pinnalle levitetään liuotinta noin puolen tunnin ajaksi, jotta aine imeytyisi mahdollisimman tehokkaasti. Sen jälkeen osat esipestään ja pestään pesukoneessa vähintään tunnin pesuohjelmalla. Lyhyemmän pesujakson toistaminen ei tuo samaa lopputulosta kuin yhtenäinen pitkä pesuohjelma. Lopuksi suoritetaan noin puoli tuntia kestävä paineilma-kuivaus.

Komponenttien pesu on ulkoistettu pesuhallissa toimivalle alihankkijalle. Käytössä on kaksi yksivaihepesukonetta, jotka on kehitetty pesemään kappaleita, joiden puhdistukseen riittää yksi pesuvaihe. Pesukoneen veden lämpiäminen kestää kauan ja siksi se suoritetaan yöaikaan. Vesi on puhdistettava usein onnistuneen pesutuloksen aikaansaamiseksi. ”Uusi vesi” pesee hyvin pari päivää. Veden vaihtamiseen menee kahdeksan tuntia ja se vaihdetaan kahden viikon välein. Pesutelat puhdistetaan ja niiden päälle kiinnittynyt lika poistetaan. Pesukoneen puhdistuksesta vastaa Lassila & Tikanoja, joka hyödyntää kohteeseen sopivaa korkeapainevesilaitetta.





*Kuva 9. Yksivaihepesukone*

Kuvassa 9 on läpileikkaus yksivaihepesukoneesta. Nämä pesukoneet on suunniteltu käsittelemään isoja ja painavia kappaleita, jotka vaativat ainoastaan yhden pesuvaiheen. Pesu suoritetaan suljetussa kammiossa, jossa pyörivä pesuputkisto suihkuttaa kuumaa alkalista pesunestettä pestävien kappaleiden päälle kaikista suunnista. Pesukoneisiin voidaan liittää lukuisia erilaisia lisävarusteita, kuten öljynerottimet, pesunesteen annostelulaitteet, käsisuihkupumput ja sivuvirtaussuodattimet. (Glas 2009, 11-12.)

Pesuohjelma kestää normaalisti noin tunnin, joskus pidempäänkin. Pesukoneen tuottamaa hukkalämpöä hyödynnetään energiatehokkaasti kokoonpanolinjalla. Tavoitteena on onnistunut pesu = puhdistuneet komponentit per pesukerta ja toisaalta pesukoneen jatkuva hyödyntäminen. Mikäli osia kuitenkin joudutaan pesemään useaan kertaan, tulee suunniteltuun aikatauluun muutoksia ja muut linjastot ruuhkautuvat. Tämä aiheuttaa paitsi ajallisen haasteen myös tilaongelman – pesuhalliin ei mahdu samanaikaisesti useita komponentteja. Kustannustehokkuustavoitteen mukaista on nopea ja onnistunut kierto myös pesuhallissa. Hinnaltaan edullisempaa osaa ei saisi

kuormittaa pitkällä pesuprosessilla ja tällä tavoin kasvattaa kustannuksia kohtuuttomasti. Optimaalinen tilanne olisikin: kallis komponentti, lyhyt pesu.

Pesukoneella pestäessä komponentit kuumentuvat ja niitä joudutaan jäähdyttämään, koska eri lämpötiloissa olevia osia ei voida kokoonpanossa yhdistää. Kappaleen jäähdytymisaika riippuu käytetystä pesuohjelmasta. Kaikella tällä on merkitystä kokonaisprosessin läpimenoaikaan. Tärkeää on myös saada osa pesuun oikeaan aikaan, ettei pesuprosessi itsessään olisi kokonaisuuden pullonkaula.

Käytettävistä pesuaineista käydään avointa keskustelua pesuainetoimittajien kanssa; kerrotaan, mihin aineita käytetään, millaista lopputulosta toivotaan, mitä reaktioita on odotettavissa, kysellään mahdollisia haittavaikutuksia jne. Toimittajilta odotetaan ehdotuksia ja näkemyksiä vaihtoehtoista. Tavoitteena on erinomainen ja laadukas pesutulos korkealuokkaisilla ja energiaa säästävillä tuotteilla. Rasvanpoistossa käytettävät kemikaalit ovat joko vesipohjaisia tai liuotinpohjaisia pesuaineita.

#### 4.5 Pesukonepesun jälkeinen puhdistus

Pesukonepuhdistuksen jälkeen komponenteissa on usein edelleen suoja-ainejäämiä. Pesukohteet ovat todella haastavia eikä pesunesteen kemiallinen vaikutus yhdessä pesukoneen mekaanisen liikkeen kanssa saa kaikki pintoja puhdistumaan. Erityisen haastavia ovat urat, kierteet, kolot ja o-renkaat. Näitä kohtia joudutaan puhdistamaan käsin. Tämä on aikaa vievää ja koko tuotantoprosessia hidastava vaihe. Haastatte luissa ilmeni, että liuottimeen levitykseen meni aikaa noin ½ tuntia, saman verran liuottimen imeytymiseen. Painepesurilla peseminen kesti noin tunnin ja paineilmalla kuivaaminen puolisen tuntia. Kaiken kaikkiaan manuaaliseen puhdistukseen kului n. 2,5 tuntia ”ylimääräistä” työaikaa. Puhdistus tapahtuu puhdistusliinalla, joka kostutetaan rasvanpoistoaineella, monitoimiöljyllä. Liuotinaine haihtuu melko nopeasti ja sitä on lisättävä puhdistusliinaan. Tarvittaessa apuna käytetään lastaa tai teräsharjaa. Osia pestään kohdennetusti myös painepesurilla. Liuotinaineita käsiteltäessä haasteena on hengitysteitse tapahtuva altistuminen. Pesupaikalla tulisi olla hyvä ilmanvaihto ja kohdepoisto tai kohdepoistolla varustettu kaappi. Työntekijöiden on tarpeen käyttää hengityksen suojaimia.

Haastatteluissa tuli esille, että puhdistuksessa käytetään naftaa, tiiviste- ja maalinpoistajaa, rasvanpoistajaa sekä nimeltä mainittiin Telinol 50% ja Meta R. Naftapuhdistuksen tuloksen todettiin olevan ”ok”, samoin tiiviste- ja maalinpoistajan, tosin näitä aineita on käytettävä suojapuvun ja naamarin kanssa. Rasvanpoistaja haihtuu liian nopeasti. Telinolin tehoon ei oltu tyytyväisiä, Meta R puolestaan taas oli kohtuuhyvä.

Suoja-aineen mekaaninen poisto vaurioittaa toisinaan komponenttien maalipintaa.

#### 4.5.1 Meta R

Meta R on alifaattinen liuotinpesuaine öljy- ja rasvapohjaisen lian poistoon teollisuuteen. Se on kirkas, veteen liukenematon, lähes hajuton ja hitaasti haihtuva hiilivetyseos, joka poistaa tehokkaasti rasvaa ja jättää puhdistetulle pinnalle korroosiota suojaavan kalvon. Meta R levitetään suurille puhdistettaville pinnoille sellaisenaan matalapaineruiskulla ja annetaan vaikuttaa yhdestä kolmeen minuuttiin. Tarvittaessa voidaan hangata teräsharjalla. Lopuksi huuhdellaan, mieluiten painepesurilla. Pestävät kappaleet voidaan upottaa myös pesualtaaseen, joka on täytetty Meta R:llä. Pesua voidaan tehostaa harjalla tai pensselillä ja lopuksi huuhdellaan.

Meta R on kotimainen, biologisesti hajoava teollisuuspesuaine. Se on VOC-yhdiste eli haihtuva orgaaninen yhdiste (kaasu). (KiiltoClean, Meta R, 2014.)

#### 4.5.2 Telinol

Telinol on biologisesti hajoava alkalinen pesuainetiiviste teollisuuden öljy- ja rasvapohjaisen lian sekä rasvaisen noen poistoon. Aine soveltuu erinomaisesti kaluston pesuun ja pesuihin ennen maalausta. Se voidaan myös vaahdottaa pinnoille.

Telinol sisältää glykoolieettereitä (< 5 %), ionittomia tensidejä (5 – 15 %), karbonaatteja ja kompleksointiaineita (<5 %). Se on veteen liukeneva, väriltään kellertävä ja lähes hajuton.

Pesuliuos levitetään tai vaahdotetaan pestäville pinnoille ja annetaan vaikuttaa yhdestä kolmeen minuuttiin, jonka jälkeen se huuhdellaan. Harjauksella voidaan tehostaa pesua. Pesuaineen kuivumista pinnoille on vältettävä. Telinolia voidaan säilyttää joko lämpimässä tai viileässä varastossa, mutta tiiviisti alkuperäisessä pakkauksessa suljettuna. Se ei sisällä fosfaatteja. Aineen joutumista silmiin on varottava. (KiiltoClean, Telinol, 2014.)

#### 4.5.3 Nafta

Nafta on kansainvälinen nimitys bensiiniluokan komponenteille – paras suomenkielinen vastine on teollisuusbenssiini. (Neste Oil 2014.) Kyseessä erittäin helposti syttyvä neste tai höyry, jolla on huomattava terveysvaara joutuessaan hengitysteihin ja joka on myrkyllistä vesieliöille.

#### 4.5.4 Rasvanpoistaja

Rasvanpoistajat soveltuvat vaikeapääsyisten kohteiden puhdistamiseen sekä liimojen, silikonin, teippien ja tarrojen jäänteiden poistoon. Nimensä mukaisesti se puhdistaa ja poistaa rasvan. Rasvanpoistaja haihtuu nopeasti eikä jätä kalvoa. Se on vaikutukseltaan nopeatehoinen ja puhdistaa vaikeankin lian. Voimakkaan suihkun ansioista monet komponentit voidaan puhdistaa purkamatta niitä.

Rasvanpoistaja on herkästi syttyvä aerosoli, joka on säilytettävä viileässä, hyvin ilmastoidussa paikassa ja auringonpaisteelta suojattuna. (KiiltoClean, Rasvanpoistaja, 2014.)

## 4.6 Keskeisimmät haasteet

### 4.6.1 Ajalliset haasteet

Vaikeimmin puhdistettavia kohteita komponenteissa ovat kierrereiät. Suojarasva on tiukassa ja painepesurilla pestäessä haitta-aineet (myrkyt) leviävät kaikkialle altistaen myös työnsuorittajan näille kemikaaleille. Toivotun pesutuloksen aikaansaamiseksi pesua voidaan joutua toistamaan, etenkin talviaikaan. Komponenttien käsittelyyn saattaa helposti kulua puolitoista tuntia enemmän kuin helposti puhdistuvien osien kohdalla. Tämä työ on turhaa kokonaisuuden kannalta niin ajallisesti kuin resursseja ajatellen. Lisätyövoimaa puhdistukseen ei ole toistaiseksi tarvittu – volyymien kasvassa tämäkin on mahdollista.

Näiden ”tehoputsattujen” komponenttien jatkokäsittely tuotannossa ei eroa millään tavalla pienemmällä puhdistuksella käsitellyistä osista.

### 4.6.2 Taloudelliset haasteet

Puhdistukseen käytetty työaika nostaa laitteiden suoria valmistuskustannuksia. Palkkakustannukset ovat usein merkittävä osa kokonaiskustannuksista ja siksi on tärkeää selvittää ja ymmärtää, mistä työ kustannukset johtuvat. Tavoitteena on taloudellinen ja läpimenoajaltaan lyhyt valmistusprosessi. Kaikki ylimääräiset, suunnittelemattomat työvaiheet lisäävät kustannuksia paitsi käytetyn työajan osalta, myös materiaali- ja energiakustannuksia. Siksi manuaalisen puhdistamiseen käytettävä aika tulisi saada minimoitua. Se hidastaa prosessia ja aiheuttaa tarpeettomia kustannuksia.

Yrityksen tulos on suuressa määrin riippuvainen keskeneräisen työn ja varastojen kiertonopeudesta. Näitä voidaan parantaa lisäämällä joustavuutta eli lyhentämällä asetusaikoja. Perusajatuksena on, että kaikki turha työ poistetaan ja jäljelle jäävä työ suoritetaan oikea-aikaisesti. (Ihalainen – Aaltonen – Aromäki – Sihvonen 1995, 472.)

## 5 SUOJAUSMENETTELYN MUUTTAMINEN

Tilapäinen korroosiosuoja aikaansaadaan suojaamalla pinta kalvon muodostamalla korroosionestoaineella. Tällainen aine voidaan levittää ainoastaan puhtaille ja kuiville pinnoille. Poikkeuksen muodostavat vettä syrjäyttävät korroosionestoaineet ja -emulsiot, joita voidaan käyttää kosteillakin pinnoilla. Kalvon tulee olla tasainen ja aukoton. Suoja-aineen levittämisen jälkeen komponenttia ei saa käsitellä ennen kuin kalvo on ehtinyt ”asettua” paikoilleen. (Korroosiokäsikirja 2008, 742, 746.)

Valittaessa sopivaa korroosion suojausmenettelyä avaintekijöitä ovat komponenttien koko, muoto ja lukumäärä, käytettävissä olevat välineet ja valittu korroosionestoaine sekä kustannukset. Kun kyse on tilapäisestä korroosiosuojasta, ratkaisevaa on myös suoja-aineen helppo poistettavuus. Suojauksen tulee kuitenkin varmistaa komponenttien pinnan säilyminen alkuperäisessä kunnossa. Huomioon on otettava myös suojauksen haluttu kestoikä.

Vaihtoehtoisia ratkaisuja etsittäessä ulkomaisten komponenttitoimittajien osien korroosiosuojaamiseen ja toisaalta suoja-aineen helppoon poistettavuuteen on mietittävä joko suoja-aineen koostumusta, pakkausmateriaalien vaikutusta suojaamiseen tai puhdistusmenetelmien toimivuutta ja pesuaineiden tehokkuutta. Tässä työssä haetaan ratkaisua haasteellisten komponenttien käsittelyyn pohdiskelemalla kaikkia näitä kolmea osatekijää ja sitä kautta löytämään paras suositus toimeksiantajalle.

### 5.1.1 Hyväksi havaittu suoja-aine

Haastattelututkimuksessa tuli esille, ettei suomalaisten alihankkijoiden toimittamien komponenttien puhdistuksessa ja esikäsittelyssä ollut ongelmia. Pesutulos oli hyvä eikä käsin puhdistusta juurikaan tarvittu. Kysyttäessä ratkaisua ongelmallisten komponenttien käsittelyyn mainittiin nimeltä mm. Kendallin Bradcote, joka on parafiinipohjainen suoja-aine ja osoittautunut tehokkaaksi suojaksi suolan aiheuttamaa korroosioita vastaan. Bradcote olisikin erinomainen suoja-aine merikuljetuksissa ja muissa vaikeissa olosuhteissa. Kendall on osa kansainvälistä öljy-yhtiötä ConocoPhillips Ltd:tä, joten yhtiöllä löytyy toimipisteitä mm. Bulgariasta. Näin voitaisiin ohjata

myös kansainväliset alihankkijat käyttämään samanmerkkistä Rolls Royce Oy Ab:n hyväksymää suoja-ainetta. Muitakin kansainvälisiä toimijoita öljypohjaisten korroosionestoaineiden valmistajina löytyy. Statoililta löytyy tuotenimiä, kuten ProtectWay XB, CoatWay P2 ja P68 koneistettujen teräsosien sekä valmiiden ja puoli-valmiiden tuotteiden korroosiosuojaukseen niin sisävarastoinnissa kuin ulkona varastoitavillekin tuotteille.

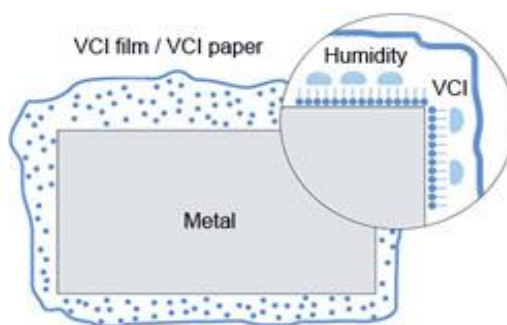
Alihankkijoiden omassa maassa toimivien kansainvälisten korroosionestoainevalmistajien käyttö on paitsi ajallisesti hyödyllistä myös kustannustehokasta, jos vaihtoehtona olisi vaikka toimitus Suomesta asianomaiselle alihankkijalle. Tunnettujen merkien käytön esteenä voi olla tietoisuus hinnan ja laadun korrelaatiosta ja tämä voi houkutella hinnaltaan edullisempien suoja-aineiden käyttöön. Paikallisten toimittajien käyttö sinällään on mahdollista, mutta silloin laadun takaamisesta ei voida varmistua ja lopputulos on nykytilanteen kaltainen.

Perusajatuksena hyväksi havaitun suoja-aineen kohdalla on, että kaikki alihankkijat suojaisivat omat komponenttinsa samalla riittävän suojan antavalla suoja-aineella, joka voitaisiin samoilla puhdistusaineilla ja -menetelmillä poistaa tehtaalla ennen jatkokäsittelyyn siirtoa. Siksi käytettävä suoja-aine olisi hyvä määritellä osaksi komponentin toimittajalle annettavaa tilausta, jossa muistakin yksityiskohdista sovitaan. Haasteina tässä on käytetyn suoja-aineen valvonta – kuka käyttää ja mitä ja toisaalta, miten standardoitu suoja-aine toimitetaan alihankkijalle ja kenen kustannuksella.

### 5.1.2 Käytetty pakkausmateriaali

Pakkausmateriaalien käyttöön liittyy samoja haasteita kuin suoja-aineenkin valintaan. Työntekijöille, kyselyssä tuli toiveena esille, että komponenteissa olisi mahdollisimman kevyt suojarasvaus ja sitten pakkausmateriaalina käytettäisiin kutistemuoveja, inhibiittimuoveja. Pakkausmuovien korroosionesto-ominaisuudet perustuvat kaasufaasimenetelmään. Siinä pakkauskalvo vapauttaa inhibiittiaineita, jotka estävät korroosion jatkumisen. Korroosioinhibiitti on kemiallinen aine, joka pienentää korroosionopeutta tai estää sen muodostamalla metallipinnoille suojaavan kerroksen eri mekanismeilla (Pasanen, Opinnäytetyö 2012, 8.)

Kaasufaasi-inhibiitit ovat huoneenlämmössä ja normaalissa ilmanpaineessa kaasuuntuvia orgaanisia yhdisteitä. (Pasanen, Opinnäytetyö 2012, 12.)



*Kuva 10. VCI:n toiminta korroosiota vastaan*

VCI (Volatile Corrosion Inhibitors) korroosiosuoja aikaansaadaan kyllästämällä alusta, joko paperi tai kalvo, inhibiiteilla, jotka vapauttavat aktiivisia aineita jatkuvasti. Tiiviin paketin sisälle muodostuu niin sanottu VCI-ilmakehä. Aktiiviset VCI:t asettuvat metallin pinnalle ja muodostavat vettä hylkivän kalvon, jotta metalli ei reagoisikaan kosteuden kanssa. Aktiiviset aineet metallin pinnalla höyrystyvät kun paketti avataan uudelleen, mutta tällä ei ole vaikutusta tuotantoprosessin myöhempisiin vaiheisiin (Antalis 2014.)

VCI-aineita käytetään yleisimmin metallikomponenttien kuljetusten ja varastoinnin aikana. Käytettävä VCI-teknologia riippuu kappaleiden muodosta, koosta, koostumuksesta, materiaalista, ympäristön lämpötilasta ja kosteudesta sekä valmistustekniikasta (Pasanen, Opinnäytetyö 2012, 12.) Alla taulukko erään valmistajan suosituksista: (Antalis 2014.)



Tuote	Kuvaus	Käyttökohteita	Edut
Korroosiosuojapaperi	Luotettava VCI-korroosiosuojapaperi, joka vastaa tiukimpiinkin vaatimuksiin.	Suojaamaan terästä, rautaa ja valurautaa sekä pakkauksen sisältöä kuljetuksen aikana.	Luotettava suoja ruostumista vastaan. Ei tarvita öljyämistä eikä rasvaamista.
Korroosiosuojamuovit	Ruostumiselta suojaava VCC-käsitelty LLPPE-muovi, jota on saavavana pussina, huppuna ja rullana.	Suojaamaan ruostumiselta ja ilmaston vaihteluilta merikuljetuksen aikana.	Mekaanisesti erittäin kestävä painetta, rasvaa, vettä, höyryä ja repäisyä vastaan. Soveltuu seuraaville materiaaleille: teräs, rauta, valurauta, kupari, messinki, pronssi, nikkeli ja galvanisoitu nikkeli. Myrkytön, hajuton ja kierrätettävä.
Korroosiosuojakalvot	Sinertävä ja läpikuultava repäisyluja kalvo, joka on kyllästetty korroosiota estävillä aineilla VCI-menetelmän mukaisesti.	Suojaamaan metallia ruostumiselta.	Turvallinen tapa estää ruostumista, helppo käyttää, läpikuultavuuden ansiosta ei estä tuotteen näkyvyyttä.

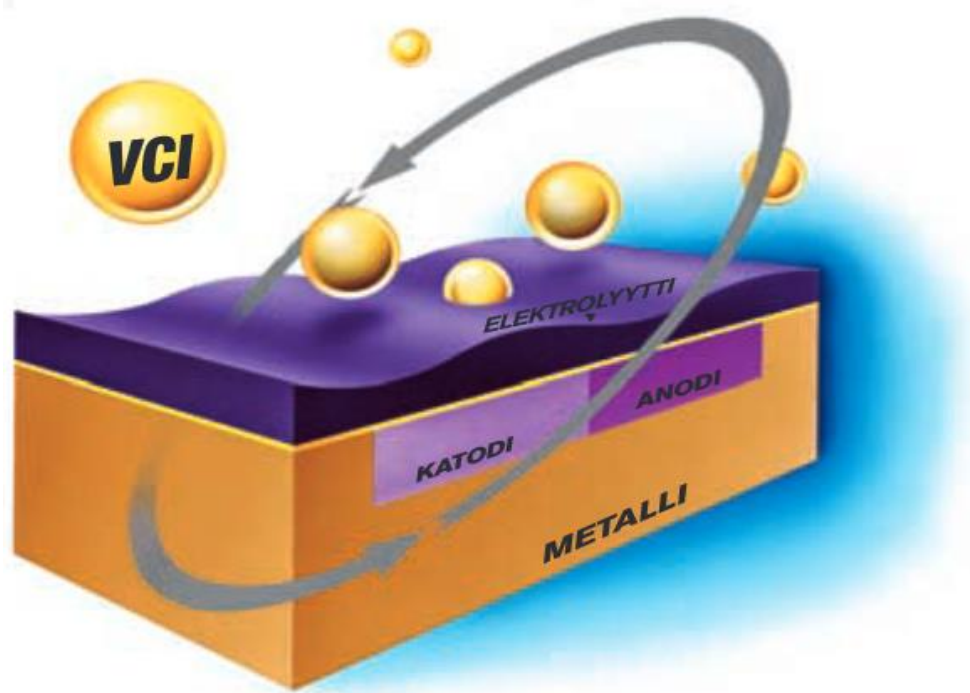
Vesiliukoista inhibiittia ei välttämättä tarvitse pestä ollenkaan pois ennen jatkokäsittelyä – ruiskutuksesta jäävä paksumpi kerros toki tulee poistaa. VCI on ympäristöystävällisempi vaihtoehto ja myös työturvallisuus on parempi.

VCI-aineet ovat erinomaisia korroosionsuojauksessa, kun niitä käytetään oikein, todetaan Pakkaussuunnittelua ja pakkauksia teollisuudessa käsittelevässä artikkelissa ([pakkaussuunnittelu.net](http://pakkaussuunnittelu.net)). Yleisin pakkaustapa on käyttää pussia tai tasokalvoa, johon VCI-aine on lisätty. Haasteeksi on muodostunut metallisten komponenttien ryhmäpakkaukset. Mikäli useita osia laitetaan samaan ”pussiin” kerroksittain pahvilla eroteltuna, aiheuttaa pahvi muutoksia VCI-aineen kemialliseen toimintaan ja toisaalta se myös estää aineen tunkeutumisen suojattaville pinnoille. VCI-aine on suunniteltu toimimaan itsenäisesti. Mikäli pahvia tarvitaan pakkauksessa, on sekin käsiteltävä korroosiosuojakemikaalilla, jonka tulee olla samanlainen kuin itse pussissa käytettävä kemikaali, jotta ennustamattomalta reaktiolta välttyttäisiin (Pakkaussuunnittelu 2012.)

Pakkauskalvo on erinomainen valinta korroosiolta suojaamiseen edellä mainituista haasteista huolimatta. Se toimii sekä pakkausmateriaalina että suojana. Kalvon käyttö eliminoi korroosiosuojaamiseen tarvittavat käsittelyvälineet ja työkulut. Pakatut osat on myös helppo tunnistaa kalvon läpi. Yksi patentoiduista ratkaisuista on Zerust®-

pakkausmenetelmä. Mainospuheessaan se lupaa tarjota ratkaisun korroosio-ongelmiin parantaen samalla yrityksen kannattavuutta alentamalla pakkauskustannuksia, lyhentämällä pakkausaikaa sekä lisäämällä asiakastytyväisyyttä (Zerust 2014, 2.)

Zerust® on nimenomaan VCI-menetelmällä toimiva korroosionestojärjestelmä. Suojattava komponentti asetetaan Zerust®-pakkaukseen ja suljetaan huolellisesti. Muutamien tunnin kuluessa pakkauksen sisätila on kyllästynyt VCI-molekyyleillä ja tehokas korroosiosuoja on muodostunut osien pinnalle. Kun komponentti myöhemmin poistetaan pakkauksesta, suojakerros alkaa välittömästi haihtua ilmaan ja tuloksena on puhdas, kuiva ja korroosiovapaa tuote, joka on heti käyttövalmiina ilman erillistä puhdistusta tai muuta käsittelyä.



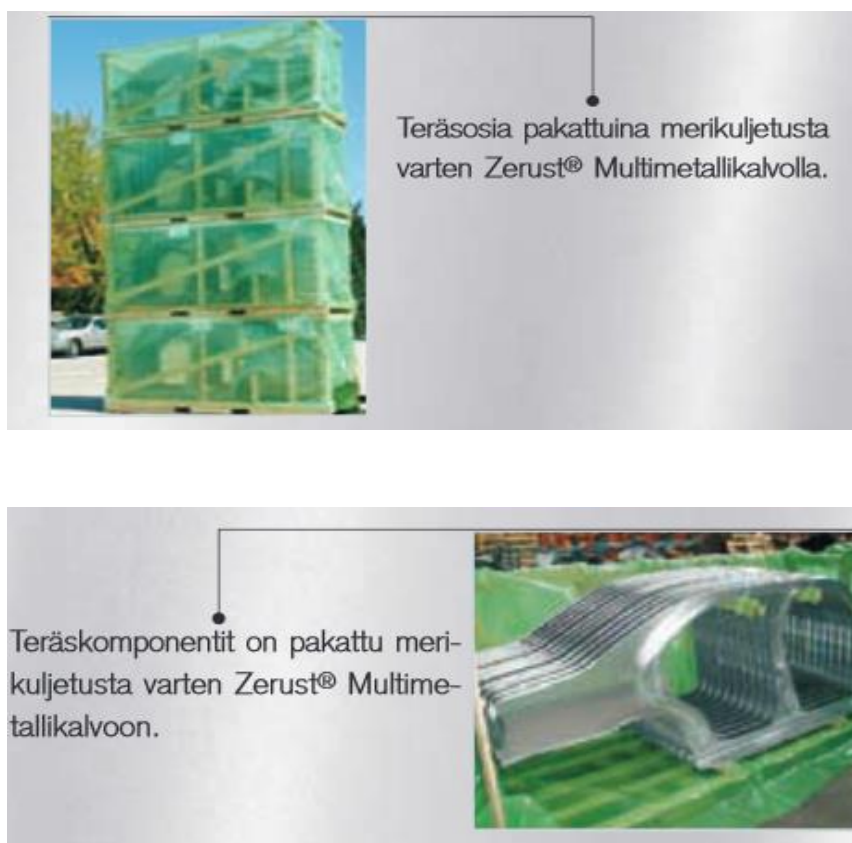
Kuva 11. ZERUST®-tehoaineen toimintaperiaate

Korroosiosuoja syntyy kolmella tavalla:

- passivoimalla elektronivirtaus metallin korkean energian alueelta matalan energian alueelle

- muodostamalla metallin pintaan molekyylikerroksen, joka estää kosteuden pääsyn suoraan kosketukseen metallin pinnalle
- säätelemällä elektrolyytin PH-arvoa. (Zerust 2014, 3.)

Zerust<sup>®</sup>-tuoteperheeseen kuuluu useita erilaista korroosiosuojaa antavia tuotteita ja hyvin erikokoisille tuotteille. VCI-tuotteita on helppo käyttää ja nopea käyttää: yhdellä työvaiheella hoidetaan sekä korroosiosuojaus että pakkaaminen eikä öljyämistä tai muita työvaiheita tarvita. VCI-tuotteet ovat myös kierrätyskelpoisia eikä niistä aiheudu haittaa käyttäjälle tai ympäristölle. Alla kuvia Zerust<sup>®</sup>-tuotteiden käytöstä merikuljetuspakkauksissa:



*Kuva 12. Komponenttien pakkaaminen merikuljetusta varten (Zerust Oy 2014)*

Patentoitu Zerust<sup>®</sup> on vain yksi kaupallinen tuotemerkki VCI:n käytöstä korroosiosuojauksessa. Se on kuitenkin partnereittensa kautta kansainvälinen toimija ja siksi vartenotettava pakkausmateriaalin toimittaja Rolls Royce Oy Ab:n alihankkijoille. Opinnäytetyön tarkoituksena ei kuitenkaan ole suositella hankintakanavia, vaikka

tässä tiettyä menetelmää käsitelläänkin, vaan ainoastaan tuoda esiin vaihtoehtoja sujuvampaan suojauskäsittelyyn ja helpompaan jälkikäsittelyyn.

### 5.1.3 Nestemäinen eristäjä

Kaikessa toiminnassa pyritään tehokkuuden lisäämiseen ja kustannusten alentamiseen. Eräs vaihtoehto korroosiosuojaamiseen on nestemäisen eristäjän käyttö. Se muotoutuu hyvin erilaisiin muotoihin ja sitä voidaan käyttää myös vaikeasti päästäviin kohteisiin. Yksi tunnetuimmista on Plasti Dip® tuotemerkillä rekisteröity nestemäinen kumi. Sen ainutlaatuinen koostumus soveltuu hyvin moninaisiin käyttötaroituksiin, mm. tehokkaaseen korroosiosuojaukseen. Plasti Dip® kestää happoja, emäksiä, suoloja, kosteutta ja öljyä. Elastisuutensa vuoksi se kestää myös kulutusta ja kolhuja eikä halkeile ääriolosuhteissakaan (Plasti Dip Finland 2014, etusivu.)

Plasti Dip®in suoja muodostuu kumista, vinyylistä, akryylistä tai polyvinyylidikloridista (pvc:stä). Aine ei sisällä silikonista. Plasti Dip® on hyvin helppokäyttöinen – se voidaan levittää suihkuttamalla, siveltimellä tai upottamalla ja isoillekin pinnoille ruiskuttamalla; tällöin levitystä voidaan helpottaa ohentamalla ainetta Plasti Dip ohentajalla. Ohut kerros, jo 0,2 mm, antaa riittävän suojan kosteudelta, lialta, säiden vaihteiluilta ja UV-säteilyltä. Plasti Dip® on rekisteröity tuotemerkki nestemäiselle eristeelle, joka monen muun käyttökohteen ohella voidaan käyttää myös tilapäisenä korroosiosuojana helpon poistettavuutensa takia. Plasti Dip® irttaa levymäisenä kalvona vahingoittamatta komponentin pintaa eikä erillistä pesua tarvita. Suoja-aineella päällystetyt komponentit voidaan pakata sellaisenaan pakkausaluksille, kuten lavoille. Kuminen suoja-pinnoite toimii itsessään suoja-aineena että ”pakkauksena”.

Plasti Dip® tuotemerkkinä kuvaa helppokäyttöistä nykyaikaista pinnoitusmenetelmää, joka on antaa laadukkaan suojan korroosiolta kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Pinnoite säilyy elastisena myös pitkässä varastoinnissa ja on helposti poistettavissa ennen jatkokäsittelyyn siirtoa. Pinnoitetta löytyy eri väreissä, joten yksittäiset poistumattomat kohdat ovat helposti havaittavissa komponenttien pinnalta. Plasti Dip®in kaltaista eristettä käytetään hyvin vaativissakin teollisuusympäristöissä. Ainoana haittana on eristeen hinta. Perinteiset korroosiosuojat, öljyt, nesteet, vahat,

ovat hankintahinnaltaan edullisempia. Kokonaistaloudellisuutta arvioitaessa on tietysti huomioitava pakkaamisen liittyvät kulut, alihankkijalle maksettavat suoja-aineen poistoon liittyvät kulut sekä mahdollinen tilakustannus. Kaikki nämä seikat mukaan lukien Plast Dip®in käyttö saattaa helppokäyttöisyyden ohella osoittautua myös kannattavaksi ratkaisuksi. (Plasti Dip Finland 2014.)

Plasti Dip® on EU-säädösten mukaan REACH-rekisteröity tuote. REACH tulee sanoista Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals. Sen tavoitteena on mm. varmistaa terveyden- ja ympäristönsuojelun korkea taso ja edistää vaihtoehtoisten menetelmien kehittämistä aineiden vaarojen arvioimiseksi. REACH asettaa entistä enemmän vastuuta teollisuudelle, kun on kyse riskeistä, joita kemikaalit saattavat aiheuttaa terveydelle ja ympäristölle. (Kemikaalineuvonta 2013.)

Plasti Dip® on hävitettävä ongelmajätteenä.

#### 5.1.4 Järeämpi pesuaine

Tehokkaampien pesuaineiden käyttöön sisältyy aina ympäristöriski sekä terveysvaara. Liuotinaineita käsiteltäessä tyypillisin terveysriski on hengitysteitse tapahtuva altistuminen. Emäksisten aineiden terveyshaitta liittyy iho- ja limakalvovaurioihin. Emäs- eli alkalinen pesu irrottaa öljyä, rasvaa ja muita orgaanisia aineita sekä epäorgaanisia suoloja. Emäksisten pesuaineiden pH voi olla välillä 10,5 – 13,5. Mitä korkeampi pH-luku on sitä syövyttävämmästä aineesta on kyse. Yleensä yli 11,5 pH:n omaavat aineet ja liuokset katsotaan automaattisesti syövyttäviksi aineiksi. (Kamat 2007, 1.)

Teollisuuden puhdistus- ja rasvanpoistoaineiden on täytettävä myös tiettyjä ympäristövaatimuksia. Ne eivät saa sisältää syöpää aiheuttavia, perimää vaurioittavia eikä lisääntymiselle haitallisia aineita. Lisäksi ne eivät saa aiheuttaa vaaraa vesiympäristölle, eivät saa olla helposti syttyviä, räjähdysherkkiä eivätkä saa aiheuttaa välitöntä myrkytystä. (Pohjoismainen ympäristömerkintä 2013, 4-5.) Näiden määräysten valossa on hyvin huolellisesti harkittava järeämpien teollisuuspuhdisteiden käyttöä, kun ne toisaalta voivat vielä vahingoittaa puhdistettavan komponentin pintaa.

## 6 PÄÄTELMÄT

Rolls Royce tuotemerkkinä viestittää ehdottoman korkeaa laatua. Laatua edellytetään kaikilta potkurivalmistuksen prosessiin osallistujilta ja laaduntuottokykyä valvotaan tehokkaasti. Koko valmistusprosessin kannalta ehkä pieneltä osa-alueelta tuntuu alihankkijoiden toimittamien komponenttien tilapäisen korroosiosuojan poistaminen. Tässä työvaiheessa ”onnistuminen” oli kuitenkin merkittävää sekä aikataulun että kustannusten hallinnan kannalta. Kokonaisuus on osiensa summa.

Opinnäytetyöni käynnistyi ennalta laatimieni kysymysten pohjalta, jotka annettiin pesu- ja puhdistusprosessiin osallistuville henkilöille. Ilahduttavaa oli, että kysymyksiin vastattiin ja prosessiin liittyviä ongelmia kuvattiin opiskelijalle ystävällisellä tavalla. Vastaukset olivat yhdenmukaisia ja suurimmat haasteet niistä selkeästi havaittavissa. Työlle asetettu tavoite hahmottui myös selvästi.

Pyysin haastatelluiltani myös omaa ehdotusta/näkemyksiä puhdistusprosessin paremmaksi hoitamiseksi. Ehdotuksia tuli ja nekin olivat sisällöltään hyvin samantyyllisiä. Tämä osoittaa sen, että työhönsä sitoutunut henkilökunta oma-aloitteisesti etsii ratkaisuja, pyrkii kehittämään työtapojaan ja on kiinnostunut koko valmistusprosessin läpimenosta ja kannattavuudesta. Ehdotuksista olen nostanut yhden suositukseksi komponenttien suojausmenettelyn muuttamiseksi. Standardoitu tuote osana tilaussanomaa velvoittaa tiettyyn toimintatapaan ja sitä kautta tuottaa kokonaisvaltaista hyötyä koko prosessille. Ulkopuolisenkin näkökulmasta työntekijöiltä tulleen ehdotuksen toteuttaminen vaikuttaa yksinkertaiselta ratkaisulta ja helpolta toteuttaa. Suuria muutoksia ei tarvittaisi.

Suojausmenettelyn muuttamiseen on toki muitakin vaihtoehtoja. Itse arvostan helpoutta ja ajan säästöä sekä suojauspäässä että puhdistuksessa. Uusia menetelmiä kehitellään ja kaupallistetaan jatkuvasti. Rolls Roycen kohdalla haaste uudentyyppisten ratkaisujen käyttöön liittyy joidenkin komponenttien kokoon. Uskoisin, että suoja-aineen nopea ruiskutus (tai kastaminen), aineen nopea kuivumien, hyvä suoja ja helppo poistettavuus ovat yleisemminkin vaadittavia kriteereitä suojausmenettelylle.

## 7 YHTEENVETO

Tilapäinen korroosiosuojaus on suojausmenetelmä, jota käytetään valmistuksen aikana, kuljetuksessa tai varastoinnissa tavoitteena säilyttää suojatun esineen pinta alkuperäisessä kunnossa, kun suoja-aine tai pakkaus poistetaan. Tilapäisen suojauksen menetelmät ovat:

- ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden alentaminen
- kalvon muodostavan korroosionestoaineen käyttäminen ja
- pakkaaminen tavalla, jossa käytetään kaasua muodostavia inhibiittejä, kuivausaineita tai korroosionestopaperia.
- 

Suojauksen aiheuttamat kustannukset ratkaisevat viime kädessä samanarvoisten tilapäisten suojausmenetelmien välillä tehtävän valinnan.

Rolls Royce Oy Ab:n Rauman tehtaalle tuodaan potkurilaitteiden komponentteja eri puolelta maailmaa. Komponentteja, joita kulutetaan jatkuvasti, tuodaan mm. Kiinasta ja Bulgariasta. Näiden osien tilapäisen korroosiosuojauksen poistoon on liittynyt tehtaalla haasteita nimenomaan puhdistuksen työläyteen. Käytetyt suoja-aineet ovat jumiutuneet komponenttien pinnalle ja ovat olleet vaikeasti poistettavissa normaalin esikäyttelyn ja sitä seuranneiden toistuvienkin konepesujen jälkeen. On jouduttu turvautumaan aikaa vievään manuaaliseen puhdistukseen. Käsins puhdistus on lisännyt myös terveysvaaraa altistuttaessa liuottimille.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää ratkaisu tähän haasteeseen: komponenteille riittävä kuljetuksen aikainen korroosiosuojaus ja toisaalta suoja-aineen helppo poistettavuus ennen tuotannon jatkokäsittelyyn siirtoa. Asianomaisten haastattelu antoi hyvän pohjan mietinnälle. Ongelma kohdistui samoihin komponentteihin ja se oli luonteeltaan toistuvaa.

Ensisijaiseksi vaihtoehdoksi tulee ajatus suoja-aineen standardoinnista. Kaikki käytävät samaa suojausmenetelmää ja -ainetta, jonka poistettavuus tehtaalla on hyväksi havaittu. Alihankkijoille/toimittajille lähetettävään tilausspekssiin tulisikin sisällyttää

myös haluttu suoja-aine. Näin ollen jäisi toimittajan vastuulle huolehtia sovitun tilaussisällön täyttämisestä ja toisaalta oikeus sisällyttää suoja-aine tarjoushintaan. Valvontaa toimipisteissä on vaikea toteuttaa, mutta viime kädessä tehtaalte saapuessaan komponenttien käyttäytyminen paljastaa tosiseikat. Standardoitu suoja-aine itsessään jo edellyttää tiettyä suojausmenettelyä, mutta kirjallinen ohje sallituista tavoista voitaisiin liittää osaksi tilaussopimusta.

Toinen mielenkiintoinen vaihtoehto on inhibiittien käyttö pakkauksissa. Tiiviin pakkauksen sisällä kemiallinen yhdiste vapauttaa näkymätöntä, tuoksutonta ja terveydelle vaaratonta korroosioinhibiittia, joka muodostaa ohuen, jopa vain yhden molekyylin paksuisen korroosiota estävän kerroksen metallin pinnalle. VCI-teknologian suojan kestävyys perustuu lämpötilojen vaihtelujen aiheuttamaan ilman liikkeeseen, jonka avulla patentoitu kemiallinen yhdiste asettuu suojattavan metallituotteen pinnoille ja ympäröivään ilmatilaan. Suoja on luotettava eikä öljyämistä tai rasvaamista tarvita. Läpikuultavien pakkausten ansiosta itse tuotteisiin jää esteetön näkyvyys. Inhibiittien käyttö on myös ekologista, ympäristön huomioon ottavaa korroosionestoa.

Itse pidän parhaana vaihtoehtona nestemäisen kumin käyttöä korroosiosuojauksessa. Se suojaa, tiivistää, joustaa, eristää ja toimii ”pakkauksena” vaikeissakin olosuhteissa. Ehdottomani Plasti Dip® on helppo levittää suoja-aineeksi suihkuttamalla, ruiskuttamalla tai upottamalla ja sen poistaminen on helppoa eikä erillisiä poistotoimia tarvita. Plasti Dip® on melko hintavaa ja sen ympäristöystävällisyys ei ole paras mahdollinen. Toiminnallisilta ominaisuuksiltaan se vaikuttaa varsin hyvältä ratkaisulta.

Kovempien pesuaineiden käyttöä pesuohjelmissa en pidä varteenotettavana vaihtoehtona lisääntyvien ympäristöhaittojen ja mahdollisen terveysvaaran vuoksi.

Opinnäytetyö osoittautui laajemmaksi kokonaisuudeksi kuin aluksi otaksuin. Mielenkiintoista oli tutustua toimeksiantajaan, globaalisti toimivaan menestyvään yritykseen, jolla on myös merkittävä rooli suomalaisessa meriteollisuudessa. Mielenkiintoista oli palauttaa mieleen myös korroosio sähkökemiallisena prosessina ja ymmärtää se todellisena haittana valmistuksen eri vaiheissa. Komponenttien oikea-aikainen toimitus, esipuhdistuksen sujuvuus ja niiden oikea-aikainen toimitus tuotantolinjalle



avasi näkemään osavaiheiden merkityksen kokonaisprosessissa, niin ajankäytön kuin kustannusten hallinnankin osalta. Ymmärrys valmistusprosessista kasvoi tuntuvasti. Samoin arvostus töiden suunnittelua ja kuormituksen hallintaa kohtaan lisääntyi.

Ajatus ”työ tekijäänsä opettaa” konkretisoitui työntekijöiltä saamiini loistaviin ehdotuksiin tarkastellun tilanteen epäkohtien korjaamiseksi. Arjessa työn suorittaja näkee muutostarpeet omasta näkökulmastaan ja työntekijöitä arvostavassa työyhteisössä näiden esiintuominen on mahdollista ja muutokset näin toteutettavissa. Tämän näkeminen ja kokeminen kasvatti itsessäni myös inhimillistä ”johtajuutta”. Haluankin kiittää kakkia Rolls Royce Oy Ab:n työntekijöitä, jotka osaltaan myötävaikuttivat tämän opinnäytetyöni valmistumiseen.

## LÄHTEET

Antalis Oy. Korroosiolta suojaaminen. 2014. Viitattu 14.02.2015.  
<https://www.antalis.fi/business/home/kayttokohteet/pakkaustarvikkeet/korroosiolta-suojaaminen.html>

Brevini Finland Oy:n lehdistötiedote. 19.03.2014. Rolls-Royce luottaa Brevinin vaihteisiin. Viitattu 09.07.2014. <http://www.fluidfinland.fi/uutiset.html?64>

Chesterton. 775 Kosteussuoja (aerosoli). 02.06.2014. Käyttöturvallisuustiedote.

Glas Sampsa, Teollisuuspesukoneiden ohjelmiston kehitys. Satakunnan Ammatti-korkeakoulu. Opinnäytetyö 2009.

Houghton plc. Rust Veto 211D, Product Data Sheet

Houghton plc. Rust-Veto 232, Product Data Sheet

Ihalainen E., Aaltonen K., Aromäki M., Sihvonen P. Valmistustekniikka, Otatieto Helsinki. 1995, 490s.

Kamat-tietokortti. Tietokortti kemiallisesta altistumisesta metalli- ja autoalojen työtehtävissä. Metallien rasvanpoisto, 2007, 9 s.

Kara Werner H. Voiteluaineet, valmistus, ominaisuudet, käyttö. Otakustantamo 1989, 184 s.

Keinänen Toimi – Kärkkäinen Pentti. Konetekniikan perusteet, WSOY Oppimateriaalit Oy, Helsinki. 2009, 364 s.

Kemikaalineuvonta. 2013. Reach. Viitattu 24.02.2015.  
<http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/Saadosalue/REACH/>

KiiltoClean Oy. 2014. Meta R-teollisuuspesuaine, tuotetiedote. Viitattu 29.09.2014.  
<http://www.kiiltoclean.fi/component/tuotteet/tuote/198-meta-r-teollisuuspesuaine>

KiiltoClean Oy. 2014. Telinol, tuotetiedote. Viitattu 29.09.2014.  
<http://www.kiiltoclean.fi/component/tuotteet/tuote/205-telinol>

KiiltoClean.Oy. 2014. Metalliteollisuuden koneellinen pesu – tuotteet. Viitattu 29.09.2014.  
<http://www.kiiltoclean.fi/component/tuotteet/?task=view&dspProd=0&toimiala=5&mc=5001>

KiiltoClean Oy. 2014. Rasvanpoistaja. Viitattu 09.10.2014.  
<http://www.kiiltoclean.fi/component/tuotteet/tuote/139-powerclean-rasvanpoistaja>

Koivisto Kaarlo, Laitinen Esko, Niinimäki Matti, Tiainen Tuomo, Tiilikka Pentti, Tuomikoski Juho. Konetekniikan materiaalioppi, Editra Prima Oy, Helsinki 2004, 336 s.

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Teollisuuden rasvavoitelu, KP-Media Oy, Helsinki 2010, 48 s.

Laitinen Kai, Korroosio, Metropolia Ammattikorkeakoulu, 2012, 3 s.  
Laivakonekilta. 2010. Kääntyvät potkurilaitteet. Viitattu 29.09.2014.  
<http://laivakonekilta.wikispaces.com/t/y/classroom-switch/banner/1/>

Länsiluoto Juha. Korroosionesto varastoinnin ja kuljetuksen aikana. Suomen metalliteollisuuden keskusliitto, 1980, 48 s.

Neste Oil. 2014. Viitattu 19.01.2015.  
<http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,63,310,20756>

Pakkaussuunnittelu.net. Pakkaussuunnittelu, VCI:n ja pahvin yhteensopivuus. 29.4.2012. Viitattu 24.01.2015. [pakkaussuunnittelu.net/2012/04/29/vcin-ja-pahvin-yhteensopivuus/](http://pakkaussuunnittelu.net/2012/04/29/vcin-ja-pahvin-yhteensopivuus/)

Pasanen Minttu. Biohajoavan pakkausmuovin tuotekehitys korroosionestoon. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö 2012.

Plasti Dip Finland. Nestemäinen eristäjä. 2014. Viitattu 22.02.2015.  
<http://www.plastidip-finland.com/tuotteet/plasti-dip-nestemainen-eristaja/>

Pohjoismaiden ympäristömerkintä. Teollisuuden puhdistusaineet 065/2.5. 15.5.2013, 25 s.

Rolls Royce, Company Profile 03/2014, 2014.

Rolls-Royce Holdings plc. Annual report 2013, 2014, 141 s.

Rolls-Royce plc. Cerutti Andrea. Development of Rolls-Royce Azimuth Thrusters, Milano, 03 Giugno 2013.

Rolls-Royce plc. Nedreberg Mette Lokna. ”Rolls-Royce products and the oppurtines with Titanium”, Eggemoen June 2012.

Rolls-Royce. 2014. About – Rolls-Royce. Viitattu 29.09.2014. <http://www.rolls-royce.com/about/index.jsp>

Rolls-Royce. 2014. Rolls-Royce. Viitattu 06.10.2014. <http://www.rolls-royce.com/customers/marine/about-marine/products/propulsors>

Rolls-Royce. 2014. Viitattu 02.02.2015. <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/propulsors.pdf>

Seaside Industry Park Rauma. 2014. Rolls-Royce. Viitattu 11.11.2014. <http://www.seasideindustryparkrauma.fi/rolls-royce>

Sitra ja Teknologiateollisuus ry. Koneteollisuuden menestys tarttuu verkostoihin: ali-hankkijoista kasvavia ja kansainvälistyviä sopimusvalmistajia, Helsinki, 2009.

Suomen Korroosioyhdistys SKY. Korroosio-käsikirja. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 12, KP-Media Oy, Helsinki 2008, 930 s.

Suomen Osto- ja Logistiikkayritys LOGY ry. Lehdistötiedote 13.09.2011. Rolls-Royce Oy Ab on Vuoden 2011 Päähankkija. Viitattu 09.07.2014. [http://www.logy.fi/yhdistys/arkisto.php?we\\_objectID=1674](http://www.logy.fi/yhdistys/arkisto.php?we_objectID=1674)

Tammiaho Erkki. Ruoripotkurilaitteiden liiketoiminta Suomessa. Tekesin katsaus 258/2009, 2009, 33 s.

Technical Chesterton Products. 775 Moisture Shield, Product Data Sheet Wikipedia. 2014. Ruoripotkuri. Viitattu 05.10.2014. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ruoripotkuri>

Zerust Oy. Zerust® Korroosionestoratkaisut. 2014. Viitattu 20.02.2015. [http://www.zerust.fi/files/1913/8918/3713/zerust\\_esite\\_suomi.pdf](http://www.zerust.fi/files/1913/8918/3713/zerust_esite_suomi.pdf)

## Liite 1

## TYÖNTEKIJÖILLE ESITETYT KYSYMYKSET

- Mitkä komponentit eivät puhdistu kunnolla pesussa? Onko komponenteissa erityisiä ongelmakohtia – jos on, niin mitä? Lyhyt kuvaus komponentista.
- Ovatko ”ongelmat” aina samoja – jos ei, niin minkälaisia ongelmia esiintyy? Onko suojausaine/suojaustapa samanlainen?
- Tulevatko ”ongelmalliset komponentit” samoilta toimittajilta? Mainitse toimittajan nimi, jos tiedossa.
- Miten ja missä vaiheessa ”ongelma” havaitaan?
- Minkälaisia esivalmisteluja tulee tehdä ennen komponenttien pesuun siirtämistä?
- Miten käsin putsaaminen etenee – lyhyt kuvaus, mitä tehdään ja miten kauan?
- Mitä pesuaineita tai menetelmiä käytetään? Ovatko aina samoja – jos ei, kuvataa lyhyesti menetelmiä.
- Mikä on putsauksessa kaikkein haasteellisinta?
- Onko näiden komponenttien osalta huomioitava jotain erityistä myöhemmin – vaurioittaako puhdistus komponenttien materiaalia?
- Vaatiiko puhdistus resursoinnin suhteen jotain erityistä – lisättävä työvoimaa tms.?
- Eroaako ”tehoputsattujen” komponenttien jatkokäsittely tuotannossa – mihin siirretään seuraavaksi?
- Miten ongelmallisten komponenttien käsittely eroaa ”ongelmattomista”?
- Onko komponenttien varastointiajalla vaikutusta suojausaineen poistamiseen?
- Onko komponenttien kuljetuksessa jotain erityistä? Miten toimitetaan tehtaal-  
le?
- Mitä itse ehdottaisit ongelman poistamiseksi?